



Röntgenanlagen und Bestrahlungseinheiten im mobilen Einsatz

Sicherheitsmassnahmen, Verhalten bei Störfällen

**Fachkommission Strahlenschutz der Schweizerischen Gesellschaft
für Zerstörungsfreie Prüfung (SGZP)**

| | |
|------------------------------|---------------------------------|
| Dr. Michel Hammans (Vorsitz) | Suva, Luzern |
| Karsten Loges | KK Gösgen |
| René Knobel | KK Gösgen |
| Matthias Schütz | SVS, Basel |
| Christian Spörri | Controltech, Winterthur |
| Matthias Haldimann | Comet AG, Flamatt |
| Günther Heiler | RTD GmbH, Birr |
| Peter Fisch | Fisch und Partner AG, Dübendorf |
| Fernando Allidi | Sulzer Innotec AG, Winterthur |
| Heiri Kunz (Sekretariat) | Suva, Luzern |
| Armin Weber | Qualitech AG, Schinznach-Dorf |

Suva

Gesundheitsschutz
Postfach, 6002 Luzern

Auskünfte

Bereich Physik
Tel. 041 419 61 33

Bestellungen

www.suva.ch/waswo
Fax 041 419 59 17
Tel. 041 419 58 51

In Zusammenarbeit mit der Schweizerischen
Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung (SGZP)

Röntgenanlagen und Bestrahlungseinheiten
im mobilen Einsatz

Abdruck – ausser für kommerzielle Nutzung – mit Quellenangabe gestattet.

1. Auflage – August 1995
Überarbeitung: Mai 2010
7. Auflage – April 2014 – 4500 bis 5000 Exemplare

Bestellnummer

66030.d

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Anwendungsbereich | 4 |
| 2 | Gesetzliche Grundlagen | 4 |
| 2.1 | Gesetzliche Erlasse | 4 |
| 2.2 | Bewilligungsverfahren | 4 |
| 2.3 | Ausbildungsanforderungen | 5 |
| 2.4 | Weiterbildung | 5 |
| 2.5 | Beruflich strahlenexponierte Personen | 5 |
| 2.6 | Hilfeleistung bei Störfällen | 5 |
| 2.7 | Organisatorische Pflichten | 5 |
| 3 | Vorbereitende Massnahmen | 6 |
| 3.1 | Organisatorische Massnahmen | 6 |
| 3.2 | Technische Massnahmen | 6 |
| 4 | Sicherheitsabstände | 7 |
| 4.1 | Maximal zulässige Dosisleistung an der Abschrankung | 7 |
| 4.2 | Benützungsfrequenz | 7 |
| 4.3 | Berechnung der Sicherheitsabstände | 8 |
| 4.4 | Schwächungsfaktor | 10 |
| 4.5 | Abstandsrechenscheibe | 11 |
| 5 | Prüfarbeit | 12 |
| 5.1 | Aufnahme der Arbeit | 12 |
| 5.2 | Fortsetzungs- und Abschlussarbeiten | 12 |
| 6 | Verhalten bei Störfällen | 13 |
| 6.1 | Definition | 13 |
| 6.2 | Beispiele von Störfällen | 13 |
| 6.3 | Sofortmassnahmen (innerhalb weniger Minuten) | 14 |
| 6.4 | Sofortmassnahmen (innerhalb der ersten halben Stunde) | 14 |
| 6.5 | Bewältigung des Störfalls (innerhalb der folgenden Stunden) | 14 |
| 6.6 | Vorbeugende Massnahmen | 15 |
| 7 | Wichtige Telefonnummern | 16 |

1 Anwendungsbereich

In dieser Publikation sind die wesentlichen Massnahmen zusammengefasst, die bei Durchstrahlungsprüfungen mit Röntgenanlagen und mit Bestrahlungseinheiten ausserhalb von Bestrahlungsräumen im Hinblick auf den Strahlenschutz zu beachten sind.

Das Prüfpersonal, das solche Arbeiten ausführt, kann die Publikation als Leitfaden verwenden.

2 Gesetzliche Grundlagen

2.1 Gesetzliche Erlasse

Damit bei Durchstrahlungsprüfungen mit Röntgenanlagen (Anlagen) und Bestrahlungseinheiten der Strahlenschutz gewährleistet ist, sind folgende gesetzliche Erlasse zu beachten:

- Strahlenschutzgesetz vom 22. März 1991 (StSG)
- Strahlenschutzverordnung vom 22. Juni 1994 (StSV)
- Strahlenschutz-Anlageverordnung vom 31. Januar 2001
- Auflagen zur «Bewilligung für den Umgang mit Anlagen und Bestrahlungseinheiten»

2.2 Bewilligungsverfahren

Der Umgang mit Anlagen und Bestrahlungseinheiten ist der Bewilligungspflicht unterstellt (Art. 28 StSG). Als Umgang gelten nicht nur die eigentlichen Durchstrahlungsprüfungen, sondern auch der Transport und die Lagerung von Bestrahlungseinheiten (Art. 2 Abs. 2 StSG und Art. 75, 76 StSV). Ein entsprechender Bewilligungsantrag ist der Bewilligungsbehörde, dem Bundesamt für Gesundheit (BAG), einzureichen.

Die Prüfarbeiten dürfen erst aufgenommen werden, wenn die Bewilligung vorliegt. Dabei sind speziell die Auflagen zur Bewilligung zu beachten. Die Suva (Bereich Physik) ist die Strahlenschutz-Aufsichtsbehörde für die Industrie und das Gewerbe; sie unterstützt die Betriebe beim Einreichen eines Bewilligungsgesuches und wacht darüber, dass der Strahlenschutz im Betrieb gewährleistet ist.

2.3 Ausbildungsanforderungen

Der für die Durchstrahlungsarbeit verantwortliche Prüfer muss durch eine anerkannte Ausbildung im Strahlenschutz (z.B. bei der Suva) und durch eine Prüfung den Nachweis erbringen, dass er über die notwendige Sachkunde verfügt (Art. 16 StSV). Das übrige Prüfpersonal muss ebenfalls im Strahlenschutz ausgebildet sein (Art. 10 StSV). Diese Ausbildung kann aber auch durch den verantwortlichen Sachverständigen des Betriebes vermittelt werden.

2.4 Weiterbildung

Prüfer und Sachverständige, die Röntgenanlagen und Bestrahlungseinheiten mobil, also ausserhalb von Bestrahlungsräumen einsetzen, sind verpflichtet, alle 5 Jahre eine Weiterbildung in Strahlenschutz zu absolvieren.

2.5 Beruflich strahlenexponierte Personen

Das Prüfpersonal gilt als beruflich strahlenexponiert und ist physikalisch und medizinisch zu überwachen; es ist der Suva zu melden, damit die medizinische Kontrolle eingeleitet werden kann. Die physikalische Kontrolle hat mit persönlichen Dosimetern einer anerkannten Dosimetriestelle zu erfolgen, die monatlich auszuwerten sind (Art. 42 Abs. 2 StSV). Zusätzlich zum persönlichen Dosimeter muss dem Prüfer ein mit einer Warnvorrichtung versehenes Strahlenmessgerät zur Verfügung stehen (Art. 63 Abs. 3 StSV).

2.6 Hilfeleistung bei Störfällen

Werden Anlagen oder Bestrahlungseinheiten ausserhalb eines Bestrahlungsraumes eingesetzt, muss gewährleistet sein, dass dem Prüfer bei Störfällen jederzeit Hilfe geleistet werden kann (Art. 60 Abs. 4 StSV).

Dies bedeutet, dass bei Prüfeinsätzen mit Röntgenanlagen und Bestrahlungseinheiten ausserhalb von Bestrahlungsräumen die dauernde Anwesenheit einer zweiten beruflich strahlenexponierten Person zwingend vorgeschrieben ist.

Diese zweite beruflich strahlenexponierte Person ist durch den verantwortlichen Prüfer in der Handhabung aller Geräte zu instruieren. Mit Vorteil geschieht dies mit Hilfe der entsprechenden Suva/SGZP-Merkblätter (Bestell-Nr. 66030 und 66054) sowie der betriebsinternen Weisung für den Strahlenschutz.

2.7 Organisatorische Pflichten

In Art. 132 StSV hält der Gesetzgeber fest, dass der Bewilligungsinhaber betriebsinterne Weisungen über Arbeitsmethoden und Schutzmassnahmen erlassen und deren Einhaltung überwachen muss. Die betroffenen Personen sowie deren Zuständigkeiten, Verantwortungen und Kompetenzen sind zu benennen. Die betriebsinterne Weisung soll anwendungsspezifisch verfasst sein und alle für den Strahlenschutz relevanten Aspekte enthalten.

3 Vorbereitende Massnahmen

3.1 Organisatorische Massnahmen

Kompetenzen und Verantwortungen bezüglich Strahlenschutz am Prüfort sind klar festzulegen. Bei der Vorbereitung sind insbesondere folgende Punkte klar zu regeln:

- Transport und Lagerung von Bestrahlungseinheiten (Lagerstelle gemäss Art. 75 und 76 StSV, siehe auch «Transportieren von Arbeitsgeräten mit radioaktiven Strahlenquellen. Technisches Merkblatt», Bestell-Nr. 44037.d)
- Einsatzstellen, Prüfaufgaben, Einsatzzeiten, Arbeitstermine
- Sicherheitsmassnahmen
- Vorbereiten der Hilfsmittel
- Bezeichnen der Person, die bei Störfällen Hilfe leisten soll (siehe Kap. 2.6)
- Information auch von unbeteiligten Anwesenden

3.2 Technische Massnahmen

Für die Abgrenzung der kontrollierten Zone und die Strahlenmessungen gemäss Kap. 4 sind bereitzustellen:

- Abschrankmaterial (Pfosten, Seile usw.)
- Abschirmmaterial (Abschirmwände usw.)
- Warntafeln, Blinklichter
- Direkt ablesbare Dosisleistungsmessgeräte (Art. 63 Abs. 4 StSV)
- Strahlenmessgerät mit Warnvorrichtung, Piepser (Art. 63 Abs. 3 StSV)
- Begrenzungsblenden, Kollimatoren (Art. 68 Abs. 2 StSV)

Im weiteren ist zu beachten:

- Bei Röntgenanlagen ist ein Verbindungskabel zwischen Schaltpult und Röntgenröhre von genügender Länge bereitzustellen.
- Bei Bestrahlungseinheiten ist die Fernbedienung auf ihre mechanische Funktionstüchtigkeit zu kontrollieren; es ist eine genügend lange Fernbedienung zu wählen; ein unnötig langer Ausfahrtschlauch ist zu vermeiden. Die Längen von Fernbedienung und Ausfahrtschlauch sind aufeinander abzustimmen.

4 Sicherheitsabstände

4.1 Maximal zulässige Dosisleistung an der Abschrankung

Der Durchstrahlungsprüfplatz im Freien ist allseitig so abzuschranken, dass ausserhalb der Abschrankung, unter Berücksichtigung der Strahlungszeit, die Ortsdosis von 0,1 mSv (100 µSv) pro Woche nicht überschritten wird (Art. 60 Abs. 3 StSV). Werden Durchstrahlungsprüfungen ausserhalb eines Bestrahlungsraumes, aber innerhalb von Gebäuden durchgeführt, ist die Abschrankung so zu plazieren, dass die Ortsdosis 0,02 mSv (20 µSv) pro Woche nicht übersteigt. Der abgeschränkte Bereich gilt als kontrollierte Zone (Anhang 1, StSV).

Die höchstzulässige Dosisleistung an der Abschrankung im Freien beträgt 0,1 mSv (100 µSv) pro Woche dividiert durch die vorgesehene wöchentliche Bestrahlungszeit.

Beispiel 1

Vorgesehene Strahlungszeit =
5 Stunden pro Woche (h/w)

höchstzulässige Dosisleistung an der
Abschrankung = 100 µSv/w dividiert durch
5 h/w = 20 µSv/h

Der Abstand der Absperrung von der Strahlenquelle bzw. vom Streukörper (Werkstück) lässt sich näherungsweise mit den in Kap. 4.3 angegebenen Formeln oder mit Hilfe der Abstandsrechnscheibe (Kap. 4.5) bestimmen.

Zuerst muss jedoch die sogenannte Benützungsfrequenz (W) berechnet werden.

4.2 Benützungsfrequenz

Die Benützungsfrequenz (W) ist für Röntgenanlagen in Milliampere Minuten/Woche (mA · min/Woche) und für Bestrahlungseinheiten in Terabecquerelstunden/Woche (TBq · h/Woche) anzugeben. Bei der Berechnung der Benützungsfrequenz ist eine minimale Strahlungszeit von 1 Stunde/Woche anzunehmen, d. h. die Dosisleistung an der Abschrankung sollte im Freien nicht mehr als 100 µSv/h betragen und in einem Gebäude nicht mehr als 20 µSv/h.

Beispiel 2

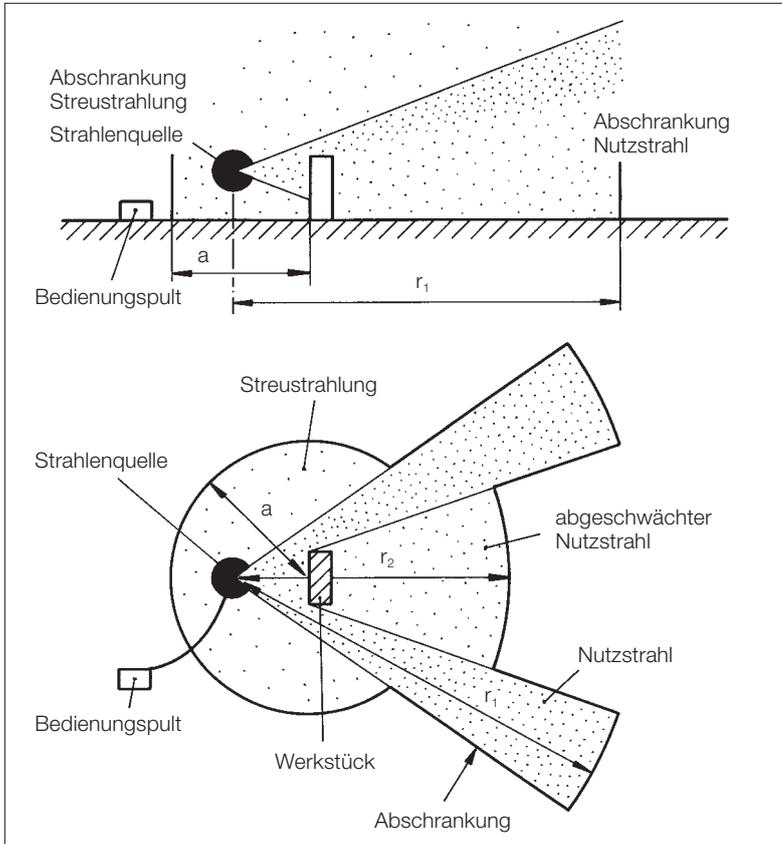
Eine Röntgenanlage, die mit 5 mA Röhrenstrom betrieben wird, soll 1 Stunde/Woche eingesetzt werden.

Benützungsfrequenz W
= 5 mA · 60 min/w
= **300 mA · min/Woche**

Beispiel 3

Mit einer Bestrahlungseinheit, enthaltend 2 TBq Ir-192, werden 3 Stunden/Woche Werkstücke durchstrahlt.

Benützungsfrequenz W
= 2 TBq · 3 h/w
= **6 TBq · h/Woche**



◀ Bild 1

Nutzstrahlung horizontal, Sicherheitsabstände gegen:
 r_1 : unabgeschwächte Nutzstrahlung
 r_2 : abgeschwächte Nutzstrahlung (durch Werkstück)
 a : Streustrahlung vom Werkstück

4.3 Berechnung der Sicherheitsabstände für eine Ortsdosis von $100 \mu\text{Sv}$ pro Woche

Es werden folgende Symbole verwendet (siehe auch Bild 1 und 2):

W = Benützungsfrequenz in $\text{mA} \cdot \text{min/w}$ für Anlagen und $\text{TBq} \cdot \text{h/w}$ für Bestrahlungseinheiten (siehe auch Kap. 4.2)

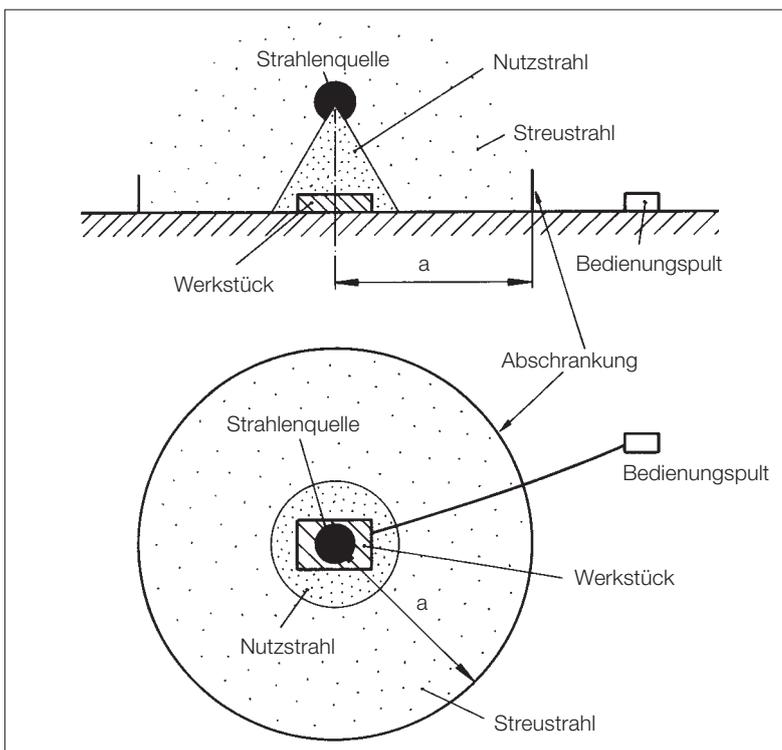
U = Hochspannung der Anlage in kV

r_1 = Sicherheitsabstand gegen ungeschirmte Nutzstrahlung in m (Abstand von der Strahlenquelle)

r_2 = Sicherheitsabstand gegen abgeschwächte Nutzstrahlung in m (Abstand von der Strahlenquelle)

a = Sicherheitsabstand gegen Streustrahlung in m (Abstand vom Streukörper/Werkstück)

F = Schwächungsfaktor, siehe Kap. 4.4, wird für die Berechnung des Sicherheitsabstandes gegen abgeschwächte Nutzstrahlung gebraucht.



◀ Bild 2

Nutzstrahlung vertikal: Sicherheitsabstand (a) gegen Streustrahlung.

Sicherheitsabstände bei Röntgenanlagen

gilt für Eintank-Anlagen

$$r_1 = 0,047 \cdot U \cdot \sqrt{W} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 1})$$

$$r_2 = 0,047 \cdot U \cdot \sqrt{W/F} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 2})$$

$$a = 0,003 \cdot U \cdot \sqrt{W} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 3})$$

(für den Sicherheitsabstand a wird ein Streufaktor von 0,4 % angenommen)

Sicherheitsabstand bei Bestrahlungseinheiten

Für Ir-192 gilt:

$$r_1 = 36 \cdot \sqrt{W} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 4})$$

$$r_2 = 36 \cdot \sqrt{W/F} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 5})$$

$$a = 7,7 \cdot \sqrt{W} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 6})$$

Für Co-60 gilt:

$$r_1 = 60 \cdot \sqrt{W} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 7})$$

$$r_2 = 60 \cdot \sqrt{W/F} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 8})$$

$$a = 12,8 \cdot \sqrt{W} \quad [\text{m}] \quad (\text{Formel 9})$$

(für den Sicherheitsabstand a wird ein Streufaktor von 4,5% für einen 90°-Kollimator angenommen)

Die Formeln 1 bis 9 gelten für eine Ortsdosis von 100 μSv pro Woche an der Abschrankung im Freien. Werden in einem Gebäude, aber ausserhalb eines Bestrahlungsraumes, Durchstrahlungsprüfungen durchgeführt, so ist eine Ortsdosis von 20 μSv pro Woche an der Abschrankung einzuhalten. In diesem Fall ist der mit den vorgenannten Formeln berechnete Sicherheitsabstand mit einem Faktor = 2,2 zu multiplizieren.

Beispiel 4

Röntgenanlage

Mit einer 200 kV Röntgenanlage, die mit einem Röhrenstrom von 5 mA betrieben wird, werden während 2 Stunden pro Woche Schweißnähte geprüft. Der Nutzstrahl ist gegen den Boden gerichtet, so dass der Sicherheitsabstand gegen die Streustrahlung zu berechnen ist:

- max. zulässige Dosisleistung an der Abschrankung = **50 $\mu\text{Sv/h}$**
- Benützungsfrequenz W = **600 mA · min/w**
- Sicherheitsabstand a = **14,7 m** (nach Formel 3)

Beispiel 5

Bestrahlungseinheit mit 1 TBq Ir-192

Der Nutzstrahl muss horizontal gerichtet werden, damit die 4 Stunden pro Woche dauernde Prüfarbeit durchgeführt werden kann. Es soll der Sicherheitsabstand gegen die unabschirmte Nutzstrahlung berechnet werden:

- max. zulässige Dosisleistung an der Abschrankung = **25 $\mu\text{Sv/h}$**
- Benützungsfrequenz W = **4 TBq · h/w**
- Sicherheitsabstand r_1 = **72 m** (nach Formel 4)

4.4 Schwächungsfaktor F

Wird die Nutzstrahlung durch das Werkstück abgeschwächt, so ist dies bei der Berechnung des Sicherheitsabstandes zu berücksichtigen. Dazu muss, unter Berücksichtigung der Strahlenqualität, die Anzahl (n) der Halbwertsschichten des durchstrahlten Materials ermittelt werden.

$$n = \frac{d}{\text{HWS}} \quad (\text{Formel 10})$$

n = Anzahl Halbwertsschichten (HWS)

d = Wandstärke des durchstrahlten Werkstücks

HWS = Halbwertsschicht, siehe Tabelle 1

Wenn die Wandstärke des durchstrahlten Werkstückes n Halbwertsschichten entspricht, so kann der Schwächungsfaktor (F) mit folgender Formel berechnet werden:

$$F = 2^n \quad (\text{Formel 11})$$

Der Schwächungsfaktor kann aber auch Tabelle 2 entnommen werden.

Beispiel 6

(siehe auch Beispiel 5)

Das mit einem 1 TBq Ir-192-Präparat horizontal zu durchstrahlende Werkstück hat eine Wandstärke von 39 mm. Die Halbwertsschicht für Ir-192 beträgt 13 mm (siehe Tabelle 1), so dass die Wandstärke n = 3 Halbwertsschichten entspricht. Der Schwächungsfaktor wird also F = 8 betragen (Tabelle 2) und die Dosisleistung wird entsprechend um einen Faktor 8 reduziert. Für eine Strahlzeit von 4 Stunden pro Woche (Benutzungsfrequenz W = 4 TBq · h/w) berechnet sich mit der Formel 5 ein Sicherheitsabstand $r_2 = 25 \text{ m}$

| Halbwertsschicht (HWS) | | Halbwertsschicht (HWS) | |
|------------------------|--------|------------------------|-------|
| Strahlung | Eisen | Strahlung | Eisen |
| 100 kV | 1,5 mm | Ir-192 | 13 mm |
| 150 kV | 3,0 mm | Co-60 | 20 mm |
| 200 kV | 5 mm | | |
| 250 kV | 11 mm | | |
| 300 kV | 18 mm | | |

Tabelle 1
Halbwertsschichten (HWS) für Röntgenstrahlung und Ir-192- bzw. Co-60-Strahlung (gemäss ICRP-Publikation 21).

| n | F | n | F | n | F |
|---|----|----|------|----|--------|
| 1 | 2 | 6 | 64 | 11 | 2'000 |
| 2 | 4 | 7 | 130 | 12 | 4'100 |
| 3 | 8 | 8 | 260 | 13 | 8'200 |
| 4 | 16 | 9 | 500 | 11 | 16'400 |
| 5 | 32 | 10 | 1000 | 15 | 32'800 |

Tabelle 2
Schwächungsfaktor F in Funktion der Anzahl Halbwertsschichten n.

4.5 Abstandsrechnenscheibe

Wenn die Benützungsfrequenz W bekannt ist, kann der Sicherheitsabstand statt mit den Formeln berechnet, direkt auf der Abstandsrechnenscheibe abgelesen werden. Dabei ist darauf zu achten, dass man den Wert im richtigen Ablesefenster (Streustrahlung oder Nutzstrahlung) abliest.

In Bild 3 ist die Lösung von Beispiel 4 dargestellt. In diesem Beispiel sollte für eine 200 kV Röntgenanlage und für eine Benützungsfrequenz von $600 \text{ mA} \cdot \text{min/w}$ der Sicherheitsabstand gegen die Streustrahlung bestimmt werden.

Soll wie in Beispiel 6 der Sicherheitsabstand gegen die abgeschwächte Nutzstrahlung bestimmt werden, so ist die Benützungsfrequenz ($W = 4 \text{ TBq} \cdot \text{h/w}$) durch den Schwächungsfaktor ($F = 8$) zu dividieren. Dieser Wert, nämlich $0,5 \text{ TBq} \cdot \text{h/w}$ ist auf der Abstandsrechnenscheibe einzustellen (siehe Bild 4).

Sollte die Benützungsfrequenz W auf der Abstandsrechnenscheibe nicht mehr eingestellt werden können, so ist die Benützungsfrequenz W durch 100 zu teilen oder mit 100 zu multiplizieren, während die Ablesung entsprechend mit einem Faktor 10 zu multiplizieren bzw. zu dividieren ist.

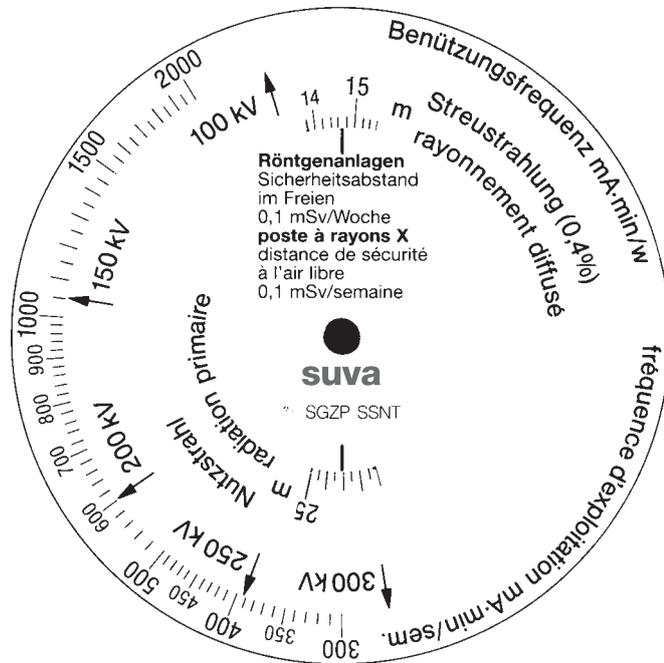


Bild 3
200 kV Röntgenanlage,
Benützungsfrequenz $W = 600 \text{ mA} \cdot \text{min/w}$
Sicherheitsabstand gegen Streustrahlung = 14,7 m

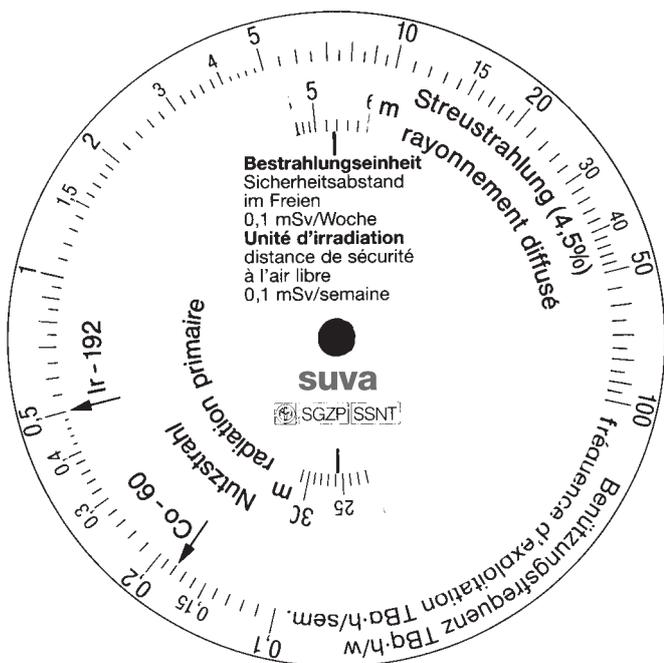


Bild 4
Ir-192-Strahlenquelle,
Benützungsfrequenz $W = 0,5 \text{ TBq} \cdot \text{h/w}$
Sicherheitsabstand gegen die abgeschirmte
Nutzstrahlung = 25 m

5 Prüfarbeit

5.1 Aufnahme der Arbeit

Der Durchstrahlungsprüfplatz (kontrollierte Zone) ist gemäss dem abgeschätzten Sicherheitsabstand (siehe Kap. 4) allseitig abzusperrern (Seile, Warntafeln, Blinklichter, Abschirmwände usw.). Bei der probeweisen Inbetriebsetzung der Geräte ist zu prüfen, ob die höchstzulässige Dosisleistung an der Abschrankung nicht überschritten wird; allenfalls sind die Sicherheitsabstände oder die Abschirmung zu berichtigen.

Sollte es aus technischen oder organisatorischen Gründen (z. B. befahrene Strasse im Bereich der kontrollierten Zone) unmöglich sein, den Prüfbereich so abzusperrern, dass an der Absperrung die Ortsdosis nicht grösser als 100 $\mu\text{Sv}/\text{Woche}$ wird, so darf die Durchstrahlungsprüfung erst mit dem formellen Einverständnis der Aufsichtsbehörde (Suva für den industriellen Bereich) durchgeführt werden.

Bei Durchstrahlungsprüfungen mit Röntgenanlagen und mit Bestrahlungseinheiten ist folgendermassen vorzugehen:

- Blenden bzw. Kollimatoren einsetzen.
- Röntgenröhre bzw. den mit einem Kollimator versehenen Ausfahrtschlauch der Bestrahlungseinheit bei der Aufnahme-position zuverlässig fixieren.
- Den Standort des Schaltpultes bzw. der Fernbedienung so wählen, dass die kontrollierte Zone überblickt werden kann. Bei Nachtarbeit ist für ausreichende Beleuchtung der kontrollierten Zone zu sorgen.
- Sich vergewissern, dass sich niemand in der kontrollierten Zone aufhält. Besser ist es, eine Aufsichtsperson aufzustellen.
- Warnsysteme überprüfen (direkt ablesbares Dosisleistungsmessgerät, Dosiswarngerät, Blinklichter).

- Dosisleistung an der Abschrankung und am Bedienungsstandort messen, allenfalls Sicherheitsabstände oder Abschirmung berichtigen.
- Durchstrahlungsprüfung ausführen.

5.2 Fortsetzungs- und Abschlussarbeiten

- Während des Vorbereitens der nächsten Aufnahme, ebenso bei kurzen Unterbrüchen ist das Gerät zu sichern. Schlüssel sind vom Schaltpult bzw. vom Arbeitsbehälter zu entfernen.
- Bei Bestrahlungseinheiten ist jedesmal mit einem Dosisleistungsmessgerät zu prüfen, ob die Strahlenquelle ordnungsgemäss ausgefahren und wieder in den Arbeitsbehälter zurückgezogen wurde.
- Nach Abschluss der Durchstrahlungsarbeiten sind Abschrankungen, Warntafeln usw. unverzüglich zu entfernen.
- Arbeitsbehälter an sicherem Ort lagern (speziell gegen Zugriff durch unbefugte Personen sichern).

6 Verhalten bei Störfällen

6.1 Definition (siehe auch StSV, Anhang 1)

Ein **Strahlenschutz-Störfall** liegt vor, wenn Personen einer unzulässigen Bestrahlung ausgesetzt werden könnten oder bereits ausgesetzt worden sind durch:

- Fehlverhalten eines Prüfers oder von Drittpersonen
- technisches Versagen
- Verlust radioaktiver Strahlenquellen (radiologischer Störfall)

Eine **unzulässige Bestrahlung** liegt vor, wenn

- Drittpersonen (beruflich nicht strahlenexponierte Personen) eine Dosis von mehr als **1 mSv** akkumuliert haben
- beruflich strahlenexponierte Personen einer Dosis von mehr als **20 mSv** (Jahresgrenzwert) ausgesetzt wurden. Wurde bei einem Störfall eine Dosis von mehr als 50 mSv akkumuliert, so liegt ein Strahlenunfall vor.

6.2 Beispiele von Störfällen

Strahlenschutz-Störfälle können auftreten bei der Inbetriebnahme von Röntgenanlagen und bei Betrieb, Lagerung und Transport von Bestrahlungseinheiten.

a) Bei Röntgenanlagen und Bestrahlungseinheiten zum Beispiel

- weil keine Absperrung vorhanden ist oder weil die Absperrung nicht fachgerecht ausgeführt ist oder weil die Absperrung nicht beachtet wird
- weil die Röntgenanlage nicht abgestellt worden ist.

b) Bei Bestrahlungseinheiten zum Beispiel

- weil sich die Strahlenquelle nicht mehr in den Arbeitsbehälter zurückziehen lässt
- weil die Strahlenquelle aus dem Arbeitsbehälter oder aus dem Ausfahrtschlauch gefallen ist
- weil der Arbeitsbehälter nicht fachgerecht abgeschlossen oder nicht gesichert worden ist
- weil Feuer im Lagerraum von Bestrahlungseinheiten ausbricht und dabei der Arbeitsbehälter beschädigt wird.

c) Beim Transport zum Beispiel

- weil der Arbeitsbehälter oder die Strahlenquelle während des Transportes verloren geht (Verlustort unbekannt)
- weil das Transportfahrzeug in einen Unfall verwickelt ist und eine Beschädigung des Arbeitsbehälters oder die Freisetzung der Strahlenquelle nicht auszuschließen ist
- weil das Transportfahrzeug im Anschluss an einen Zwischenfall in Brand gerät.

6.3 Sofortmassnahmen (innerhalb weniger Minuten)

- Röntgenanlage ausschalten bzw. Strahlenquelle in den Arbeitsbehälter zurückziehen und abschliessen. Falls dies nicht möglich ist, sind gefährdete Personen in Sicherheit zu bringen und der Gefahrenbereich ist grossräumig abzusperren und zu überwachen.
- Verletzte Personen aus dem Gefahrenbereich evakuieren und Erste Hilfe leisten.

6.4 Sofortmassnahmen (innerhalb der ersten halben Stunde)

- Personalien der betroffenen Personen und allfälliger Zeugen sowie deren Standort während des Störfalls und die vermutete Zeitdauer der Bestrahlung erfassen.
- Verletzte Personen der medizinischen Betreuung zuführen.
- Es sind zu informieren (siehe auch Kap. 7, wichtige Adressen):
 - der Sachverständige für den Strahlenschutz sowie die Betriebs- oder Baustellenleitung
 - wenn nötig die Betriebsfeuerwehr, evtl. verstärkt durch die Stützpunktfeuerwehr
 - die Aufsichtsbehörde (Suva)

Bei einem Störfall innerhalb des Betriebsareals oder auf Baustellen sind zusätzlich zu informieren:

- der Sicherheitsbeauftragte oder der Arbeitssicherheitsdienst

Bei Transportunfällen oder wenn der Gefahrenbereich über das Betriebsareal hinausreicht bzw. allgemein zugänglich ist, sind folgende Stellen zusätzlich zu informieren

- Polizei (Absperren des Gefahrenbereiches, evtl. Evakuierung von Personen)
- Fachleute für die Bergung der Strahlenquelle, z. B. Lieferant der Anlage oder Nationale Alarmzentrale (NAZ) via ASN (24-Stunden-Pikett), die bei Bedarf das PSI-Strahlenschutz-Pikett aufbietet und die Aufsichtsbehörde informiert.

Muss befürchtet werden, dass Personen ausserhalb des Betriebsareals gefährdet werden, oder ist die Strahlenquelle verloren oder beschädigt worden, so ist zusätzlich zwingend zu informieren:

- die NAZ via ASN (24-Stunden-Pikett)

6.5 Bewältigung des Störfalls (innerhalb der folgenden Stunden, wenn keine akute Gefährdung mehr besteht)

- Die anlässlich des Störfalls akkumulierte Dosis der betroffenen Personen ist anhand der Expositionszeit und der Dosisleistung am Standort abzuschätzen. Die Dosimeter sind der Dosimetriestelle per Expresspost oder persönlich zur Auswertung abzuliefern (Dosimetriestelle telefonisch avisieren).
- Ergibt die Dosisabschätzung oder die Auswertung der Dosimeter, dass die betroffenen Personen eine unzulässige Dosis akkumuliert haben, so sind folgende Massnahmen einzuleiten:

| Dosis | Massnahmen |
|------------------|---|
| Über 1000 mSv | Unverzüglich an ein Universitätsspital oder an ein Spital mit strahlentherapeutischen Einrichtungen gelangen. Abteilung Arbeitsmedizin der Suva kontaktieren (kein Pikettdienst). |
| 250 bis 1000 mSv | Innerhalb von 24 Stunden in ein Regionalspital zur Abklärung der Schädigung einweisen. Abteilung Arbeitsmedizin der Suva kontaktieren (kein Pikettdienst). |
| 50 bis 250 mSv | Innerhalb von 24 Stunden sich durch den Arzt, der normalerweise die medizinische Überwachung des beruflich strahlenexponierten Personals durchführt, kontrollieren lassen. |

- Für die Beseitigung der Gefahrenquelle ist Unterstützung durch den Lieferanten der Anlage, durch das PSI-Strahlenschutz-Pikett oder die Suva anzufordern. Diese Stellen können helfen, sei es beim Suchen und Bergen von Strahlenquellen oder beim Erfassen und Beseitigen von Kontaminationen.

Für Arbeiten, die in der Bewilligung für den Umgang mit Bestrahlungseinheiten nicht vorgesehen sind, müssen ausgewiesene Fachleute beigezogen werden. Diese haben die Massnahmen zum Beheben der Folgen eines Strahlenschutz-Störfalls sorgfältig zu planen.

- **Schlussbericht**

Verfassen eines Berichtes über den Hergang des Strahlenschutz-Störfalls zuhanden der Aufsichtsbehörde (Suva) durch den für den Strahlenschutz beauftragten Sachverständigen des Betriebes. Im Bericht ist auch aufzuzeigen, welche Massnahmen vorgekehrt werden, damit eine Wiederholung ähnlicher Störfälle vermieden wird.

6.6 Vorbeugende Massnahmen

- Ausbildung und regelmässige Instruktion der Prüfer, insbesondere über das Verhalten bei einem Störfall.
- Regelmässige Funktionskontrollen der Anlagen, Geräte und Sicherheitssysteme. Resultate gemäss Anweisung protokollieren (siehe Merkblatt «Kontrolle von Bestrahlungseinheiten», Bestell-Nr. 66054.d).
- Die direkt ablesbaren Dosisleistungsmessgeräte sind entsprechend den Vorgaben des Suva-Merkblattes «Strahlenschutzmessgeräte: Anforderungen und Kontrollen», Bestell-Nr. 66098.d, periodisch zu überprüfen.
- Wichtige Adressen und Telefonnummern bereithalten (siehe Kap. 7).

7 Wichtige Telefonnummern

| | |
|---|----------------|
| Sachverständiger des Betriebes | Geschäft _____ |
| | Privat _____ |
| Sicherheitsdienst des Betriebes | Geschäft _____ |
| | Privat _____ |
| Betriebsfeuerwehr | _____ |
| Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz | 031 322 96 16 |
| Suva, Zentrale | 041 419 51 11 |
| Suva, Bereich Physik | 041 419 58 56 |
| Suva, Fax | 041 419 57 57 |
| Suva, Abteilung Arbeitsmedizin | 041 419 51 11 |
| ASN (24-Std.-Pikett) (Alarmstelle der Nationalen Alarmzentrale) | 01 251 60 88 |
| PSI Strahlenschutz-Pikett | 056 310 21 11 |
| Dosimetriestelle | _____ |
| Lieferant der Anlage | _____ |
| Arzt, Name: _____ | _____ |
| Notfallstation, Spital | _____ |