



Beurteilung von Risiken an Arbeitsplätzen in Isotopenlaboratorien

Wie wird die Beurteilung radiologischer Arbeitsrisiken in der Schweiz gehandhabt?

Gemäß der Schweizer Strahlenschutzverordnung (StSV von 1994) kann vom Betreiber eines Isotopenlabors ein Sicherheitsbericht, der die möglichen Störfälle, deren Auswirkung und Häufigkeit sowie die getroffenen Sicherheitsmaßnahmen beschreibt, verlangt werden. Zudem ordnet eine Richtlinie der Eidgenössischen Kommission für Arbeitssicherheit (EKAS von 1996) an, dass Betriebe mit besonderen Gefahren eine Risikoanalyse durchführen müssen. Die Schweizerische Unfallversicherungsanstalt (Suva) ist im Bereich der chemischen Industrie für die Durchsetzung sowohl der StSV wie auch der EKAS-Richtlinien zuständig und verlangte zu Beginn des letzten Jahres entsprechende Risikobeurteilungen von Isotopenlabors des Typs B. Arbeitsbereiche des Typs B sind gemäß der Definition der StSV Labors, in denen pro Tag z. B. bis zu 90 GBq ¹⁴C gehandhabt werden. Die Suva stellte es den Laborbetreibern frei, eine eigene Methode für die Beurteilung radiologischer Arbeitsrisiken zu entwickeln oder sich an ein bewährtes Prozedere anzulehnen. Die Laborbetreiber beauftragten sodann eine externe Firma mit der Evaluation bestehender Analysemethoden sowie mit der Durchführung der Risikobeurteilung.

Die Methode Suva zur Beurteilung von Risiken an Arbeitsplätzen und bei Arbeitsabläufen

Da die Suva für die Umsetzung der EKAS-Richtlinien bereits eine eigene Methode für die Risikobeurteilungen industrieller Betriebe entwickelt hatte und entsprechende Ausbildung anbot, entschlossen wir uns für diese Methode, die sich eng an die EN-Norm 1050 „Sicherheit von Maschinen – Leitsätze zur Risikobeurteilung“ (1997) an-

lehnt. Abb. 1 zeigt den schematischen Ablauf einer Risikobeurteilung.

Zur Ermittlung der Gefährdung bietet die Suva ausführliche Tabellen mit mechanischen, elektrischen, chemischen, ergonomischen, psychischen, organisatorischen und anderen Gefahren an, die beim Brainstorming in der Anfangsphase einer Risikobeurteilung sehr hilfreich sind. Unter Risikoeinschätzung versteht man das Ermitteln der Eintrittswahrscheinlichkeit

W und des Schadensausmaßes S für jede Gefährdung. Die Suva stellt hierzu branchen- und betriebsgruppenspezifische Statistiken sowie Tabellen zu deren Kategorisierung zur Verfügung. Die Risikobewertung wird anhand der Risikomatrix vorgenommen. Die Einteilung der Matrix in die Zone 1 (Große Risiken: Sicherheit nicht gewährleistet, Maßnahmen mit erhöhter Schutzwirkung dringend notwendig), Zone 2 (Mittlere Risiken: Sicherheit nicht gewährleistet, Maßnahmen mit normaler Schutzwirkung notwendig) und Zone 3 (Kleine Risiken: Sicherheit größtenteils gewährleistet, Maßnahmen organisatorisch und personenbezogen möglich) soll von einem interdisziplinären Team zusammen mit der Geschäftsleitung vorgenommen werden. Einen möglichen Vorschlag zeigt Abb. 2.

Für Risiken, die in die Zone 1 fallen,

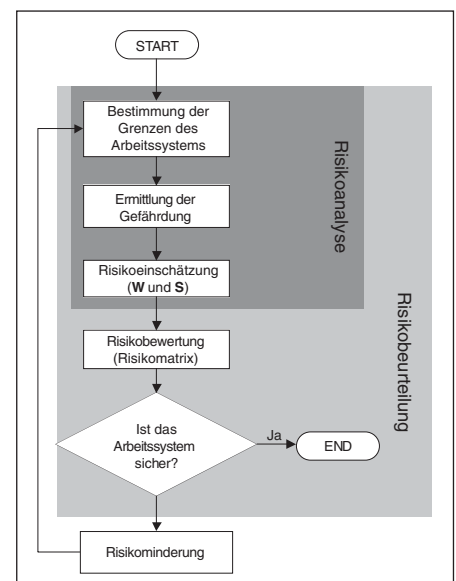


Abb. 1: Die wichtigsten Arbeitsschritte einer Risikoanalyse bzw. Risikobeurteilung

S	V	IV	III	II	I
A	3		1	1	1
B	3		1	1	1
C	3			1	1
D	3				1
E	3	3	3		

Abb. 2: Vorschlag für eine Risikomatrix mit den Zonen 1 (große Risiken), 2 (mittlere Risiken) und 3 (kleine Risiken)

müssen rasch Sicherheitsmaßnahmen geplant und umgesetzt werden. Risiken der Zone 2 werden in zweiter Priorität beseitigt. Die Wirkung aller Maßnahmen ist zu überprüfen.

Das mit der Risikobeurteilung beauftragte Team soll sich zusammensetzen aus dem Teamleiter, der die Methodik kennt, dem Betriebsleiter und/oder Betriebs-/Projekt-/Planungsingenieur und/oder Meister, Bedienungspersonal und Personen, die den Arbeitsprozess gut kennen.

Methodik zur Beurteilung von radiologischen Arbeitsrisiken im Isotopenlabor

Wir möchten nun darlegen, mit welchen speziellen Überlegungen wir die Suva-Methode ergänzen mussten, damit wir sie für Isotopenlabors anwenden konnten.

Bestimmung der Grenzen des Arbeitssystems

Obwohl Isotopenlabors klar begrenzt und gekennzeichnet sind, lohnt es sich auch bei einer radiologischen Risikoanalyse, die Grenzen des Arbeitssystems zu Beginn klar festzulegen. So soll z.B. festgehalten werden, wer für den Transport der Ausgangsprodukte ins Labor und der Produkte zum Kunden sowie für die Abfallbewirtschaftung verantwortlich ist. Mit den Behörden ist abzuklären, ob auch Auswirkungen auf die Bevölkerung außerhalb des Betriebsareals als Folge von Stör-

fällen analysiert werden müssen. (Dies war ein wesentlicher Teil unseres Auftrages, den wir jedoch aus Platzgründen hier ausblenden müssen. Im Rahmen der 33. Jahrestagung des FS in Gmunden, 16.–21. 9. 2001, wird darüber berichtet [Paper Nr. 111, Sitzung C1].)

Danach soll das Arbeitssystem in Arbeitsprozesse und Unterprozesse unterteilt werden. Es wurden folgende Hauptprozesse erkannt: Anlieferung, Umpacken, Lagerung, Synthese, Reinigung, Analytik, Transporte, Abgaben, Abfälle, Laborreinigung.

Ermittlung der Gefährdung

Die konventionellen Gefährdungstabellen der Suva waren für das Brainstorming zur Gefährdungsermittlung naturgemäß nicht anwendbar. Von den radiologischen Gefahren (externe Bestrahlung – Kontamination – Inkorporation) wurden, da in den zu untersuchenden Labors nur mit Tritium und ¹⁴C gearbeitet wird, die Inkorporation durch Inhalation sowie Diffusion durch Laborhandschuhe und Haut als die wesentlichsten Expositionspfade erkannt. Anschließend schilderten die Labormitarbeiter für jeden Unterprozess reelle und hypothetische Inkorporationsmöglichkeiten. Nach diesem theoretischen Teil begleitete und beobachtete der externe Berater die Laborangehörigen bei ihren Arbeiten. Die Beziehung eines Externen für die Gefährdungsermittlung scheint gerechtfertigt, da er unbefangen und frei von Betriebsblindheit ist.

Risikoeinschätzung (W und S)

Da keine branchen- und betriebsgruppenspezifischen Statistiken für Zwischenfälle in Isotopenlabors vorliegen und da es bei der geringen Anzahl von Mitarbeitern, die in Isotopenlabors des Typs B arbeiten, wenig sinnvoll ist, die Wahrscheinlichkeit pro 1.000 Mitarbeiter anzugeben (Tabelle 1), wurden neue W-Kategorien kreiert (Tabelle 3). Die konventionellen Kriterien für das Schadensausmaß (Tabelle 2) können ebenfalls nicht angewendet werden, da akute Strahlenschäden mit töd-

lichem Ausgang oder bleibendem Gesundheitsschaden kaum zur Diskussion stehen. Das Spätschadenrisiko der beruflich strahlenexponierten Personen (b. s. P.) ist von viel größerer Relevanz. Da die effektive Folgedosis E₅₀ und das Krebsrisiko in einem linearen Zusammenhang stehen, entscheiden wir uns, E₅₀ als Schadensausmaß zu verwenden. Bei der Einteilung in die Kategorien I bis V orientierten wir uns an den in Art. 35 bis 39 festgelegten Grenzwerten der StSV sowie an der Strahlenbiologie.

Die Berechnung der potenziellen E₅₀ wurde mit den Dosisfaktoren e_{inh} aus dem Anhang 3 der StSV durchgeführt. Basierend auf Annahmen und einigen wenigen Urinmessungen nach Inkorporationszwischenfällen mit bekannter gehandhabter Aktivität wurde vereinbart, dass beim Umgang mit flüchtigen Substanzen und ohne Abzug 5 % der gehandhabten Aktivität inhaliert werden könnten. Bei Arbeiten mit nicht flüchtigen Produkten oder im Abzug wurden entsprechend geringere Inhalationsanteile eingesetzt. Beispiel: Potenzielle E₅₀ bei Handhabung von 1 GBq flüchtigem ¹⁴C ohne Abzug

$$E_{50} = A_{\text{gehandhabt}} \cdot \text{Inhalationsanteil} \cdot e_{\text{inh}} = 10^9 \text{ Bq} \cdot 5\% \cdot 5,8 \cdot 10^{-10} \text{ Sv/Bq} = 29 \text{ mSv}$$

Risikobewertung (Risikomatrix)

Nachdem neue W- und S-Kategorien erarbeitet worden waren, galt es, eine auf diesen Kategorien basierende Risikobewertung zu erstellen. Ziel war eine Matrix, deren Zoneneinteilung einerseits den gesetzlichen Vorgaben und andererseits der gelebten Firmenkultur sowie dem Bedürfnis der Angestellten nach sicheren, aber auch konkurrenzfähigen Arbeitsplätzen entsprechen sollte. Zwei Überlegungen sollen diese Konsensfindung erläutern:

1. Obwohl der Jahresgrenzwert für beruflich strahlenexponierte Personen 20 mSv ist und demnach in ei-



Kategorie	Definition der Wahrscheinlichkeit W	
A	häufig	> 1-mal pro Monat
B	gelegentlich	< 1-mal pro Monat
C	selten	< 1-mal pro Jahr
D	unwahrscheinlich	< 1-mal pro 5 Jahre
E	praktisch unmöglich	< 1-mal pro 20 Jahre

Tabelle 1: Die Suva-Kategorien für die Eintretenswahrscheinlichkeit. Die Werte beziehen sich auf 1.000 Mitarbeiter, die die gleiche Tätigkeit ausüben

Kategorie	Definition des Schadensausmaßes S anhand der Folgen	
I	sehr groß	Tod
II	groß	schwerer bleibender Gesundheitsschaden
III	mittel	leichter bleibender Gesundheitsschaden
IV	klein	heilbare Verletzung mit Arbeitsausfall
V	gering	leichte Verletzung ohne Arbeitsausfall

Tabelle 2: Die Suva-Kategorien für das Schadensausmaß

nem Labor mit mehreren Mitarbeitern pro Jahr mehrere Ereignisse (Kat. A) von < 20 mSv (Kat. IV) vorkommen dürften, waren Geschäftsleitung und Suva einhellig der Meinung, dass das Feld A-IV keinesfalls der Zone 3 zugeordnet werden soll, da dies klar der eigenen Firmen-Sicherheitskultur zuwiderlaufen würde.

2. Obwohl in gewissen Berufen, wie z. B. der Baubranche, ein Todesfall pro 20.000 Mannjahre als mittlere

res Risiko (Feld E-I, Zone 2 in Abb. 2) knapp toleriert wird, wurde ein (nicht tödliches) Strahlensyndrom pro 1.000 Jahre als nicht akzeptabel deklariert.

In intensiven Diskussionen wurden so die Zonen der radiologischen Risikomatrix (Abb. 3) festgelegt.

Risikominderung

Pro Isotopenlabor wurden etwa 100 Unterprozesse analysiert. Davon wurde einer der Zone 1 und rund ein Dutzend der Zone 2 zugeordnet. Der Ar-

S	V	IV	III	II	I
A	3	1	1	1	1
B	3		1	1	1
C	3	3	1	1	1
D	3	3		1	1
E	3	3	3		1

Abb. 3: Radiologische Risikomatrix als Resultat intensiver Diskussionen zwischen Firmenleitung, Suva und Labormitarbeitern. Die Zonen 1, 2 und 3 haben die gleiche Bedeutung wie in Abb. 2.

beitsprozess der Zone 1 wurde sofort gestoppt. Die übrigen risikomindernden Maßnahmen werden innerhalb eines halben Jahres umgesetzt sein.

Teamzusammensetzung

Das mit der Risikobeurteilung beauftragte Team bestand aus: externem Moderator, der auch für die Dosisabschätzungen zuständig war; einem Laborleiter, der zugleich der vor Ort verantwortliche Strahlenschützer ist; einem Mitarbeiter des Labors; einem leitenden Arbeitsmediziner als Vertreter der Firmenleitung; einem Vertreter der Abteilung „Gesundheit, Sicherheit, Umwelt“ (Zentralstelle für Strahlen-

Kategorie	Definition der Wahrscheinlichkeit W	
A	häufig	> 10 ⁰ /a jährlich und häufiger
B	gelegentlich	< 10 ⁰ /a alle paar Jahre
C	selten	< 10 ⁻¹ /a alle 10 bis 100 Jahre
D	unwahrscheinlich	< 10 ⁻² /a alle 100 bis 1.000 Jahre
E	praktisch unmöglich	< 10 ⁻³ /a seltener als ein Mal in 1.000 Jahren

Tabelle 3: Kategorien für die Eintretenswahrscheinlichkeit. Die Werte beziehen sich auf das zu beurteilende Labor.

Kategorie	Definition des Schadensausmaßes S anhand der effektiven Folgedosis		
I	sehr groß	> 1.000 mSv	Strahlensyndrom
II	groß	> 250 mSv	Art. 39 ärztliche Kontrolle obligatorisch
III	mittel	> 20 mSv	Art. 35 Dosisgrenzwert für b. s. P. überschritten
IV	klein	> 1 mSv	Art. 37 Dosisgrenzwert für n. b. s. P. überschritten
V	gering	< 1 mSv	Art. 37 Dosisgrenzwert für n. b. s. P. eingehalten

Tabelle 4: Radiologische Kategorien für das Schadensausmaß



schutz, Arbeitsspezialisten, Brandbekämpfungsspezialisten).

Erfolg

Als unmittelbarer Erfolg des Teams darf die fristgerechte Ablieferung der Risikobeurteilung an die Suva genannt werden. Weitere Erfolge sind, dass einige Unterprozesse der Risikozonen 1 und 2 erkannt und behoben werden konnten. Die Arbeit hat zudem das ge-

nerelle Sicherheitsbewusstsein der Labormitarbeiter gestärkt. Die in dieser Studie erworbenen Erkenntnisse fließen direkt in die Ausbildung zukünftiger Strahlenschützer und in die obligatorische Fortbildung der bestehenden Laborangehörigen ein.

Rolf P. Stürm, Basel
E-Mail: rolf@safpro.ch
Internet: www.safpro.ch

Anmerkung der Schriftleitung: Der vorliegende Text ist die komprimierte Fassung eines gleich lautenden Vortrags von Rolf P. Stürm bei der 33. FS-Jahrestagung vom 17. bis 21. September 2001 in Gmunden/A. Wer also mehr zu diesem Thema erfahren will, der komme nach Gmunden! □

Künftig bis zum 150fachen höhere Abgabewerte

Die Überwachung von PET-Nukliden im Hinblick auf die Neufassung der StrlSchV

Die zu erwartenden neuen Freigrenzen und ihre Folgen für den praktischen Strahlenschutz haben uns schon in Heft 2/2001 beschäftigt, dort speziell die Auswirkungen auf die Gamma-Radiografie. Dieses Mal erläutert P. Nemecek die Situation bei Betrieb und Abluftüberwachung von PET-Anlagen.

Neue Grenzwerte für PET-Nuklide und die Folgen

Die bisherige Fassung der StrlSchV von 1989 gibt in Anlage IV Tabelle IV 1 für das gebräuchlichste PET-Nuklid ¹⁸F einen Jahresgrenzwert von 10⁹ Bq an. §46 (3) legt das 10⁻⁶fache dieses Wertes pro m³ fest. Dies ergibt einen Grenzwert von 1 kBq/m³ im Jahresdurchschnitt.

In Tabelle IV 4 sind weitere wichtige PET-Nuklide wie ¹⁵O und ¹¹C mit einem Submersions-Grenzwert von 1 · 10⁵ Bq/m³ aufgeführt. Nach §46 (3) gilt ein 1/500 für diese Werte. Dies bedeutet einen Grenzwert von 200 Bq/m³ im Jahresdurchschnitt. Dieser Wert gilt auch für ⁴¹Ar, das z.B. beim Zyklotronbetrieb entsteht. Die

Überwachung dieser Grenzwerte erfolgt entweder durch die Messung der 511-keV-Strahlung mittels Szintillationszähler oder direkt durch die empfindlichere Messung der Positronenstrahlung mittels Großflächen-Proportionaldetektoren.

Die neue StrlSchV (Entwurf, Stand 4. 8. 2000) legt auch für die angeführten PET-Nuklide neue Grenzwerte fest. In Anlage VII Tabelle 4 wird ein Konzentrationswert von 500 Bq/m³ in der Luft für ¹⁸F genannt. In dieser Tabelle der Anlage wird für ¹⁵O ein Wert von 1 kBq/m³ und für ¹¹C ein Wert von 3 kBq/m³ angeführt. Für ⁴¹Ar gelten 200 Bq/m³. Zu diesen Werten ist in der Anlage VII der Teil D „1. Maximal zulässige Aktivitätskonzentra-

tionen in der Luft aus Strahlenschutzbereichen“ zu beachten. Dieser Punkt legt fest, dass bei Abluftmengen kleiner 10.000 m³/h (wie sie fast immer bei PET- und Zyklotronbetrieb sind) die o.g. Konzentrationswerte im Jahresdurchschnitt maximal das 10fache betragen können. Tabelle 1 bringt eine Gegenüberstellung der bisherigen und neuen Grenzwerte.

Abgesehen von der Problematik, der Bevölkerung die bis zu 150fache Erhöhung der bisherigen Abgabewerte klar zu machen (PET-Einrichtungen liegen meistens in bewohnten Gebieten), ergeben sich – trotz der erhöhten Werte – Probleme in der Erfassung der Abgabewerte. Da es weder möglich ist – außer ⁴¹Ar – die anderen Nuklide nuklidspezifisch zu erfassen (alle liefern nur 511 keV Gamma) noch eine energetische Tren-

Nuklid	alt	neu
¹⁸ F	1.000 Bq/m ³	5.000 Bq/m ³
¹⁵ O	200 Bq/m ³	10.000 Bq/m ³
¹¹ C	200 Bq/m ³	30.000 Bq/m ³
¹³ N	200 Bq/m ³	20.000 Bq/m ³
⁴¹ Ar	200 Bq/m ³	2.000 Bq/m ³

Tabelle 1: Gegenüberstellung der bisherigen und neuen Grenzwerte