Sicherheitstechnische Stellungnahme

Projekt	Ruhr-Universität Bochum (RUB) – NI-Interimsflächen		
Betreff	Sicherheitstechnische Beratung zum Strahlenschutz		
Auftraggeber	Abteilung 5.7 Planen und Bauen der RUB		
Verfasser	Reni Hartfiel (Gesellschaft für LaborSicherheit mbH)		
Stand	29.04.2026	Datum der Anfrage	10.12.2025

INHALTSVERZEICHNIS

1 Ist-Zustand 3
1.1 Lehrstuhl Molekulare Biochemie 5
1.2 Lehrstuhl Biologie der Mikroorganismen 6
1.3 Lehrstuhl Molekulargenetik und Physiologie der Pflanzen 6
1.4 Lehrstuhl Angewandte Mikrobiologie 6
1.5 Arbeitsgruppe Bodenkunde und Bodenressourcen 6
1.6 Arbeitsgruppe Molekularbiologie pflanzlicher Organellen 7
1.7 Lehrstuhl für Experimentalphysik 7
1.8 Lehrstuhl Pharmakologie 7
1.9 CoRa 7
2 Einstufung in Raumkategorien 8
3 Sicherheitsmaßnahmen für Radionuklidlaboratorien nach DIN 25425-1 10
3.1 Anordnung der Räume 10
3.2 Zugang 11
3.3 Schleuse 11
3.4 Abschirmungen und Wände 11
3.5 Oberflächen 12
3.6 Türen und Fenster 12
3.7 Wasserinstallation 12
3.8 Kommunikations- und Alarmeinrichtungen 13
3.9 Allgemeine Lüftung 13
3.10 Anforderungen an das Abluftsystem 13
3.10.1 Führung des Abluftstromes 13

3.10.2 Raumluftwechsel 14
3.10.3 Funktionsüberwachung und Alarmmeldung 14
3.10.4 Abzüge, Sicherheitswerkbänke 14
3.11 Anforderungen an das Fortluftsystem 15
3.11.1 Ableitung über Dach 15
3.11.2 Fortluftfilterung 15
3.12 Spezielle Anforderungen an Abluft und Fortluftsysteme 15
3.13 Anforderungen an die Abwasserführung 16
3.14 Reststoffführung/-behälter am Arbeitsplatz 16
4 Lokale Abschirmungen 16
5 Anforderungen an den Abklingraum 18
6 Informations- und Rechtsgrundlagen 19
6.1 Projektspezifische Unterlagen 19
6.2 Rechtsgrundlagen 19

1 IST-ZUSTAND

Es sollen in Gebäude NDEF-05 Nord Räume (314, 333-344, 347) zu einem Strahlenschutzbereich ertüchtigt werden, sodass zeitweise dort die Arbeiten fortgesetzt werden können, solange der Neubau geplant und gebaut wird.

Der Interims-Strahlenschutzbereich umfasst 12 Laborräume und einen Abklingraum (**Abbildung 1**). Der Flur im Radionuklidbereich wird über eine Schleuse betreten, von diesem gehen alle Laborräume ab. Die Materialeinbringung erfolgt ebenfalls über die Personenschleuse. Der Abklingraum verfügt über zwei Zugänge, um Abfälle aus den Laborräumen in diesen zwischenzulagern und eine Abholung durch CoRa zu ermöglichen. Am anderen Ende des Flures ist eine zweite Tür als zusätzlicher Notausgang vorgesehen.

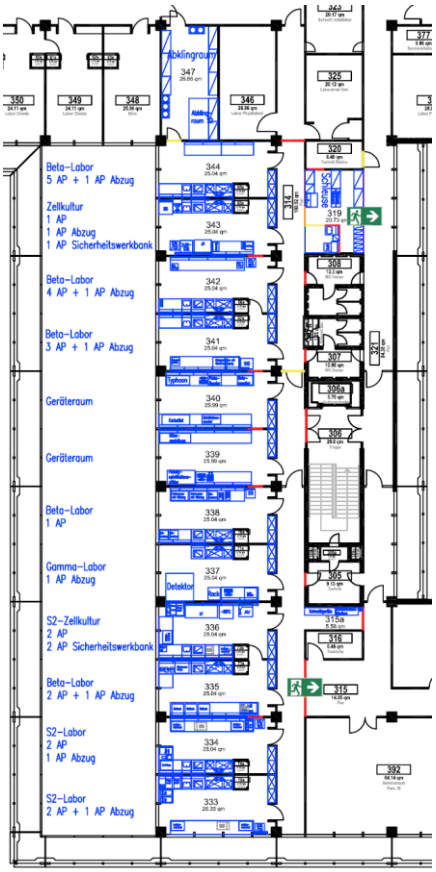


Abbildung 1 Grundrissausschnitt der Ersatzflächen für den Strahlenschutzbereich des NI-Gebäudes.

Es ist der Umgang mit β- und γ-Strahlern geplant. Die Räume sind nach der Zerfallsart der Radionuklide untergliedert. Für die Arbeiten mit Zellkulturen sind Sicherheitswerkbänke vorhanden. Im Bereich sind ebenfalls drei Räume vorgesehen, welche als S2-Bereich eingestuft werden sollen. In den restlichen Räumen sind neben Tischen, hauptsächlich um Geräte aufzustellen, Abzüge verortet.

Den Bereich werden hauptsächlich acht Arbeitsgruppen (Tabelle 1) zur Forschung nutzen. Darüber hinaus finden an einzelnen Tagen im Jahr ein molekularbiologisches Praktikum und ein Strahlenschutzkurs statt.

Es wird immer nur ein Radionuklide gehandhabt.

Tabelle 1 Arbeitsgruppen mit eingesetzten Radionukliden und deren Zerfallsart. *Radionuklid von bisheriger Nutzung bekannt, jedoch nicht mit betrachtet, da keine Aktivitäten vorlagen.

Arbeitsgruppen/	Fakultät	Radionuklid	Zerfall/ Strahlung
Lehrstuhl Molekulare Biochemie	Chemie & Biochemie	P-32	β
Lehrstuhl Biologie der Mikroorganismen	Biologie & Biotechnologie	P-32	β
Lehrstuhl Molekulare Biochemie	Chemie & Biochemie	C-14	β
Lehrstuhl Molekulargenetik und Physiologie der Pflanzen	Biologie & Biotechnologie	C-14	β
Lehrstuhl Angewandte Mikrobiologie	Biologie & Biotechnologie	C-14	β
Arbeitsgruppe Bodenkunde und Bodenressourcen	Geographisches Institut	C-14	β
Lehrstuhl Molekulare Biochemie	Chemie & Biochemie	S-35	β
Arbeitsgruppe Molekularbiologie pflanzlicher Organellen	Biologie & Biotechnologie	S-35	β
Lehrstuhl Molekulargenetik und Physiologie der Pflanzen	Biologie & Biotechnologie	S-35	β
Lehrstuhl Angewandte Mikrobiologie	Biologie & Biotechnologie	S-35	β
Lehrstuhl Molekulare Biochemie	Chemie & Biochemie	H-3	β
Lehrstuhl Molekulargenetik und Physiologie der Pflanzen	Biologie & Biotechnologie	H-3	β
Lehrstuhl für Experimentalphysik	Physik und Astronomie	Ga-68	γ
		Ge-68	γ

Arbeitsgruppen/	Fakultät	Radionuklid	Zerfall/ Strahlung
Lehrstuhl Angewandte Mikrobiologie	Biologie & Biotechnologie	Fe-59	γ
Lehrstuhl Molekulargenetik und Physiologie der Pflanzen	Biologie & Biotechnologie	P-33	β
		Zn-65*	γ
		Fe-55	β
		Cd-109*	γ
Lehrstuhl Pharmakologie	Medizinische Fakultät	I-125	γ
CoRa		P-32	β
CoRa		S-35	β
CoRa		I-125	γ

1.1 Lehrstuhl Molekulare Biochemie

Die Arbeitsgruppe arbeitet mit den Radionukliden P-32, S-35, C-14 und H-3. Diese werden als niedermolekulare Vorläufermoleküle in Zellkulturen und in vitro Versuchen eingesetzt, um Biomoleküle wie Proteine und Lipide zu markieren.

Die so radioaktiv markierten Moleküle ermöglichen die Untersuchung vielfältiger biologischer Prozesse. Dazu gehören insbesondere die Identifizierung und Charakterisierung von Rezeptoren, Enzymen und Transportern sowie die Analyse von Signalübertragungs- und Stoffwechselprozessen in Zellen.

Zu den typischen Tätigkeiten zählen die Durchführung von Enzymreaktionen, Gel- und Dünnschichtchromatographien sowie Autoradiographien, um die Verteilung und Aktivität der markierten Substanzen sichtbar zu machen.

Aktuell werden bereits Plexiglasscheiben zur lokalen Abschirmung eingesetzt. Der Abfall wird während des Experimentes in Plexiglasboxen gesammelt. Die Lagerung der P-32 Stammlösung

erfolgt im Liefergebinde, welches aus Blei besteht. Zusätzlich erfolgt die Aufbewahrung des Bleibehälters in Plexiglasboxen.

1.2 Lehrstuhl Biologie der Mikroorganismen

Die Arbeitsgruppe arbeitet mit P-32. Es werden Nukleinsäuren markiert und RNA-Strukturkartierungs- sowie RNA-Ribosomen-Bindeexperimente durchgeführt. Alle in vitro Experimente finden in einem anderen Gebäude statt, ausschließlich für die Detektion mit dem Phosphorimager (Typhoon) wird der Phosphorscreen in den Bereich gebracht.

Aktuell werden bereits Plexiglasabschirmungen sowie -boxen zur lokalen Abschirmung eingesetzt.

1.3 Lehrstuhl Molekulargenetik und Physiologie der Pflanzen

Die Arbeitsgruppe arbeitet mit C-14, S-35, H-3, P-33 und Fe-55. Es werden biochemische und molekularbiologische Experimente durchgeführt, unter anderem Transportstudien in vitro und in vivo in Pflanzen und Hefe. Dazu werden DNA und Proteine mit Radionukliden markiert.

Aktuell werden bereits Plexiglasscheiben zur lokalen Abschirmung eingesetzt.

1.4 Lehrstuhl Angewandte Mikrobiologie

Die Arbeitsgruppe arbeitet mit den Radionukliden C-14, S-35 und Fe-59. Es werden Antibiotika-Wirkmechanismen untersucht, dazu wird C-14 in DNA, RNA, Proteine, Zellwand, Fettsäuren für Prekursoren-Einbauraten-Experimente genutzt. S-35 wird für Pulsmarkierung von Proteinen eingesetzt mit anschließender 2D-Gelelektrophorese. F-59 wird in Eisenaufnahmestudien und Eisen-Kompetitionsversuchen in bakteriellen Kokulturen genutzt sowie zur Bestimmung von Eisen im bakteriellen Protein.

Neben den Radionukliden wird z.T. mit Krankheitserregern, multi-resistenten Krankheitserregern, gentechnisch veränderten Bakterien (S1/S2) gearbeitet. Es erfolgt ebenfalls ein Umgang mit Gefahrstoffen (Trichloressigsäure, Ethanol 98%Schwermetall-haltige Farbstoffe, Chloroform, Methanol, Acrylamid).

1.5 Arbeitsgruppe Bodenkunde und Bodenressourcen

Die Arbeitsgruppe führt Mineralsorptions- und Bodeninkubationsexperimente mit 14C-markierten Modellsubstanzen (Glukose, Zitronensäure, Phenylalanin) durch.

Aktuell werden bereits Plexiglasscheiben zur lokalen Abschirmung eingesetzt.

1.6 Arbeitsgruppe Molekularbiologie pflanzlicher Organellen

In der Arbeitsgruppe werden biochemische und molekularbiologische Experimente durchgeführt. Chloroplastidäre Proteine der Modellpflanze Arabidopsis thaliana werden in vitro oder in vivo mit 35S-Methionin radioaktiv markiert. Anschließend erfolgt eine subzelluläre Fraktionierung des biologischen Materials und eine Analyse der markierten Proteine.

Aktuell werden bereits Plexiglasscheiben zur lokalen Abschirmung eingesetzt.

1.7 Lehrstuhl für Experimentalphysik

Die Arbeitsgruppe besitzt einen Ge/Ga-Generator, welcher zukünftig betrieben werden sollen. Geplant ist die Verfolgung radioaktive markierter Partikel in Modellofen/ -schüttungen.

1.8 Lehrstuhl Pharmakologie

Es wird I-125 bei der Herstellung von radioaktiv-markierten cyclischen Nukleotiden eingesetzt. Über eine elektrophile Substitution erfolgt die Einbringung von I-125. Anschließend wird das Reaktionsgemisch über eine Anionenaustauschsäule aufgereinigt. Die einzelnen Fraktionen werden im Zählgerät gemessen und nach deren spezifischen Aktivität vereint. Die Lagerung erfolgt bei -20°C bis zum Einsatz.

Die Herstellung von radioaktiv-markierten cyclischen Nukleotiden wird maximal zweimal im Jahr für die Dauer von zwei Tagen durchgeführt. Es ist geplant die Arbeiten im Abzug des γ-Laboratorium (Raumnr. 337) durchzuführen.

Aktuell wird der Abzug mit Bleifolie ausgekleidet und das Experiment hinter einer Bleiglasabschirmung durchgeführt, wobei die Anionenaustauschersäule mit Stahl ummantelt ist. Die einzelnen Proben werden in Stahlbehältern während des Experimentes zwischengelagert. Die Sammlung der Abfälle erfolgt in einem mit Bleifolie ausgekleideten Eimer.

1.9 CoRa

Die Abteilung CoRa (Core Facility for Radionuclides) betreibt das Abklinglager bei der RUB. Diese wird ebenfalls die Abfälle aus dem Abklingraum im Interimsgebäude abholen. Als Radionuklide werden P-32, S-35 und I-125 zwischengelagert.

2 EINSTUFUNG IN RAUMKATEGORIEN

Für die Laboratorien des Radionuklidbereich im Interimsgebäude der Ruhr-Universität Bochum ist aufgrund dem genehmigungsbedürftigen offenen Umgang mit Radionukliden die entsprechende Raumkategorie nach DIN 25425-1 zu ermitteln. Die Zuordnung der Raumkategorie ist u. a. abhängig von der Handhabungsart der jeweiligen Radionuklide. Hierbei wird zwischen Handhabung mit geringer und erhöhter Freisetzungswahrscheinlichkeit unterschieden. Die Raumkategorie lässt sich über den sog. Bewertungsfaktor K ermitteln. Folgende Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen beiden Werten:

Tabelle 2 Zusammenhang zwischen K und RK.

Bewertungsfaktor K	Raumkategorie RK
$K \leq 10^{-4}$	RK0
$10^{-4} < K \leq 10^{-2}$	RK1
$10^{-2} < K \leq 10^{0}$	RK2
$10^{0} < K \leq 10^{2}$	RK3

Die Berechnung des Bewertungsfaktors erfolgt nach oben genannter Norm anhand folgender Formel:

$$K = \frac{a_k A}{RJAZ} \quad (1)$$

a_{ki} der Anteil der gehandhabten Aktivität der während des ungünstigsten Arbeitsprozesses ohne Berücksichtigung technischer Schutzeinrichtungen maximal inkorporiert werden kann (Inkorporationsfaktor). Dieser ist dimensionslos und bei Handhabung mit geringer Freisetzungswahrscheinlichkeit 10^{-4}, bei erhöhter Freisetzungswahrscheinlichkeit 10^{-3};

A_i die vorgesehene maximal gehandhabte Aktivität [Bq] des i-ten Radionuklids in einem Raum;

i der Laufindex für das Radionuklid;

n die Gesamtzahl der verschiedenen Radionuklide;

$RJAZ$ der Richtwert für die Jahresaktivitätszufuhr [Bq] nach der Richtlinie für die physikalische Strahlenschutzkontrolle zur Ermittlung der Körperdosen.

In Tabelle 3 sind die Radionuklide aller Arbeitsgruppen mit den Angaben der Umgangsaktivität und Handhabung aufgelistet.

Tabelle 3 Berechnung von K und RK für den Radionuklidbereich.

Radionuklid	Umgangsaktivität [Bq]	Freisetzungsrisiko (a_k)	Bewertungsfaktor *K*	Raumkategorie *RK*
P-32	$37x10^{6}$	10^{-3}	$5,36x10^{-3}$	1
P-32	$18,5x10^{6}$	10^{-3}	$2,68x10^{-3}$	1
C-14	$1,86x10^{6}$	10^{-3}	$5,39x10^{-5}$	0
C-14	$925x10^{6}$	10^{-3}	$2,68x10^{-2}$	2
C-14	$7x10^{6}$	10^{-3}	$2,03x10^{-4}$	0
C-14	$0,04x10^{6}$	10^{-3}	$1,16x10^{-6}$	0
S-35	$37x10^{6}$	10^{-3}	$2,13x10^{-3}$	1
S-35	$3x10^{6}$	10^{-3}	$1,72x10^{-4}$	0
S-35	$740x10^{6}$	10^{-3}	$4,25x10^{-2}$	2
S-35	$148x10^{6}$	10^{-3}	$8,51x10^{-3}$	1
H-3	$37x10^{6}$	10^{-3}	$7,58x10^{-5}$	0
H-3	$18500x10^{6}$	10^{-3}	$3,79x10^{-2}$	2
Ga-68	$10x10^{6}$	10^{-3}	$8,47\ x10^{-4}$	1
Fe-59	$37x10^{6}$	10^{-3}	$5,92x10^{-3}$	1
P-33	$740x10^{6}$	10^{-3}	$4,81x10^{-2}$	2
Fe-55	$370x10^{6}$	10^{-3}	$2,43x10^{-2}$	2
I-125	$80x10^{6}$	10^{-3}	$7,21x10^{-2}$	2

In der Übergangsfläche werden Experimente mit Radionukliden bis zur Raumkategorie 2 durchgeführt. Die Laboratorien sind nach der höchsten Raumkategorie, hier RK2, einzurichten. Die Nutzung ist auf die hier gelisteten Radionuklide beschränkt. Bei der Handhabung weiterer Radionuklide ist eine erneute Betrachtung erforderlich, ob diese in den Übergangsflächen gehandhabt werden dürfen.

Folgende RJAZ-Werte wurden nach DIN 25425-1 für die einzelnen Radionuklide zugrunde gelegt:

Tabelle 4 RJAZ-Werte der Radionuklide nach DIN 25425-1.

Radionuklid	RJAZ [Bq]
P-32	$6{,}90 \times 10^{6}$
C-14	$3{,}45 \times 10^{7}$
S-35	$1{,}74 \times 10^{7}$
H-3	$4{,}88 \times 10^{8}$
Ga-68	$2{,}47 \times 10^{8}$
Fe-59	$6{,}25 \times 10^{6}$
P-33	$1{,}54 \times 10^{7}$
Fe-55	$1{,}52 \times 10^{7}$
I-125	$1{,}11 \times 10^{6}$

Das folgende Kapitel beschreibt umzusetzende, baulich-technische Sicherheitsmaßnahmen entsprechend der Raumkategorie.

3 SICHERHEITSMAßNAHMEN FÜR RADIONUKLIDLABORATORIEN NACH DIN 25425-1

Eine textliche Ausführung der Maßnahmen für RK1 und RK2 erfolgt in den Unterkapiteln. Es wird empfohlen alle Laborräume für die RK2 auszuführen.

Nach Rücksprache mit der RUB und Reichel bedarf es vereinzelt baulichen Umbaumaßnahmen. Diese umfassen unteranderem das Einziehen von Wänden, den Austausch einzelner Arbeitsplatten aus Kacheln zu fugenlosen Arbeitsplatten und die Ausbildung eines fugenlosen Wand-Boden-Anschlusses. Die konkreten Umbaumaßnahmen nach Räumen aufgeschlüsselt sind im Maßnahmenkatalog (Stand 04/2026) von Reichel abgebildet. Diese werden als umsetzbar eingeschätzt.

Schutzmaßnahmen, welche aufgrund der Einstufung in einen S2-Bereich nach BioStoffV erforderlich sind, werden hier nicht betrachtet.

3.1 Anordnung der Räume

Die zum Betrieb des Radionuklidlabors gehörenden Räume sind ab RK 1 in einem zusammenhängenden Bereich (Raumgruppe) unterzubringen, baulich abzugrenzen und dürfen nur über vorgeschriebene Wegführung erreichbar sein.

Die Verkehrswege sollten möglichst kurz und übersichtlich sein.

Die Laborräume mit der Schleuse bilden einen zusammenhängenden Bereich, welcher baulich abgegrenzt ausgeführt wird.

Der Radionuklidbereich wird ausschließlich über eine Schleuse begangen und verlassen. Der geradlinige Flur, von diesem die Laborräume abgehen, wodurch eine übersichtliche Wegführung gegeben ist.

3.2 Zugang

Die Räume dürfen nicht für den allgemeinen Durchgangsverkehr benutzbar sein. Sie sind so anzuordnen, dass ein unbefugtes Betreten verhindert wird und sind durch ein geeignetes Schließsystem gegen den Zutritt Unbefugter zu sichern. Eine bauliche Umsetzung ist realisierbar vgl. **Abbildung 1**.

Der Abklingraum ist über zwei Türen zugänglich, wobei die Tür zum Flur, ausschließlich zur Abholung des Abfalls genutzt wird. Um sicherzustellen, dass ausschließlich CoRa die Tür zum Flur öffnen kann, ist diese mit einem geeigneten Schließsystems auszurüsten.

3.3 Schleuse

Personenschleuse

- Der Ein- und Ausgang zum zusammenhängenden Bereich sollte bei RK1 und muss ab RK2 über eine Personenschleuse führen.
- Die Personenschleuse muss eine Umkleidegarderobe, eine Waschgelegenheit (Handwaschbecken mit Handbrause, Mindestinnengröße etwa 50 cm × 38 cm) und Messgeräte zur Kontaminationskontrolle enthalten.
- Die Umkleidegarderobe muss so ausgelegt werden, dass genügend Raum für die getrennte Aufbewahrung von persönlicher Kleidung und Schutzkleidung zur Verfügung steht.

Materialschleuse

- Eine Materialschleuse ist vorzusehen für das Ein- oder Ausbringen von Materialien, die insbesondere aus betrieblichen, geometrischen oder aus Strahlenschutz-Gründen nicht geeignet sind, über die Personenschleuse geführt zu werden.

3.4 Abschirmungen und Wände

Abschirmungen zum Schutz gegen äußere Strahlenexposition sollten direkt am Arbeitsplatz und, sofern vorhanden, an Aufbewahrungseinrichtungen vorgesehen werden. In Abhängigkeit von den

verwendeten Radionukliden und deren Aktivität sind Strahlenexpositionen innerhalb und außerhalb der Raumgruppe und Sonderräume (z.B. Schleuse) zu berücksichtigen. Bei der Ausführung der Rohrdurchführungen durch die Wände ist auf die ausreichende Strahlenabschirmung beispielsweise an den Öffnungen zu achten.

In Abschnitt 4 und 5 wird die erforderliche Abschirmung detaillierter betrachtet.

3.5 Oberflächen

Oberflächen, Bodenbeläge und Wände müssen in Räumen, in denen radioaktive Stoffe offen gehandhabt werden, den mechanischen, thermischen und chemischen Anforderungen genügen, flüssigkeitsbeständig, möglichst fugenlos und leicht dekontaminierbar sein.

Heizkörper sind (vorzugsweise als Plattenheizkörper) mit glatter Oberfläche und genügendem Elementabstand auszuführen.

Arbeitsoberflächen in Abzügen und auf Tischen müssen fugenlos, bruchsicher und mit einem Randwulst versehen sein.

Keramikplatten oder Steingutwaschbecken dürfen nur verwendet werden, wenn der Gehalt an natürlichen radioaktiven Stoffen so gering ist, dass Messungen zur Kontaminationskontrolle nicht beeinträchtigt werden.

Bei der Wahl des Oberflächenmaterials muss auf die chemischen Eigenschaften der Radiochemikalien der zu verwendenden Radionuklide geachtet werden. Beispielsweise dürfen Oberflächen aus Edelstahl bei Verwendung von Radiojodverbindungen und Phosphaten bei Verwendung von Radiophosphorverbindungen nicht verwendet werden.

3.6 Türen und Fenster

Oberflächen von Türen und Fenstern müssen gut dekontaminierbar sein. Ab RK2 müssen die Fenster gegen unbefugtes Öffnen auch innen gesichert werden. Dabei müssen die Vorgaben für Flucht und Rettung beachtet werden.

Laut brandschutztechnischer Stellungnahme vom Ingenieurbüro SONDERMANN + MÖLLER genügt ein zweiter Rettungsweg aus dem Radionuklidbereich, die einzelnen Laborräume erfordern keinen zweiten Ausgang.

3.7 Wasserinstallation

Bei Handwaschbecken oder Laborspülen bis RK1 dürfen übliche Armaturen verwendet werden. Bei RK2 sollte mindestens ein Becken mit einer speziellen Armatur ohne Handbedienung installiert werden. In Räumen ab RK2, in denen ein erhöhtes Kontaminationsrisiko und keine andere

Möglichkeit zur raschen und geeigneten Dekontamination bestehen, sollte in der Nähe des Ausgangs ein Handwaschbecken mit Handbrause vorhanden sein.

Die bei RK2 erforderlichen Handwaschbecken mit beschriebener Armaturen dürfen alternativ in der Schleuse installiert werden, wenn diese unmittelbar an den jeweiligen Laborraum angrenzt.

Notduschen sollten so installiert werden, dass bei der Benutzung Kontaminations-verschleppungen durch ablaufendes Wasser so weit wie möglich vermieden werden.

3.8 Kommunikations- und Alarmeinrichtungen

Kommunikationseinrichtungen sollten für RK1 und müssen für RK2 auch unabhängig von der allgemeinen Stromversorgung ihre Funktion für eine angemessene Dauer, mindestens aber für 30 min beibehalten.

Alarmeinrichtungen sind ab RK2 als spannungsausfallsicher betriebene Einrichtungen vorzusehen, die im Fehlerfall einen optischen (nicht löschbar) und akustischen Alarm geben. Die optische Meldung darf sich nicht selbstständig löschen. Bei nur örtlicher Störungsmeldung müssen das optische Signal mindestens 24 h und das akustische Signal mindestens 1 h netzunabhängig aufrechterhalten bleiben. Ist an die Alarmeinrichtung eine externe spannungsausfallsichere Überwachungseinrichtung angeschlossen, sind eine örtliche optische Störungsmeldung von mindestens 1 h und eine akustische von mindestens 15 min ausreichend.

3.9 Allgemeine Lüftung

Die Auslegung der lüftungstechnischen Anlage richtet sich nach dem mit der Inhalation radioaktiver Stoffe verbundenen Gefährdungspotential.

Darüber hinaus sind Verfahren und Einrichtungen vorzusehen, die eine Kontamination von Raum- oder Fortluft verhindern oder auf ein vertretbares Ausmaß begrenzen.

Im zusammenhängenden Bereich ist die höchste darin enthaltene Raumkategorie für das Abluftsystem auslegungsbestimmend.

3.10 Anforderungen an das Abluftsystem

3.10.1 Führung des Abluftstromes

Bei der technischen Auslegung ist darauf zu achten, dass ständig ein Luftstrom von Bereichen mit geringem Kontaminationsrisiko zu solchen mit höherem Kontaminationsrisiko aufrechterhalten wird. Es muss sichergestellt sein, dass eine Umkehr der Strömungsrichtung nicht auftreten kann.

Zur Aufrechterhaltung des gerichteten Luftstroms ist eine gestaffelte Unterdruckhaltung zweckmäßig. Als Richtwerte für die einzelnen Druckstufen werden 10 Pa bis 30 Pa empfohlen.

Ab der Raumkategorie RK2 ist der Abluftstrom so zu führen, dass eine Kontamination anderer Abluftsysteme sowie von Zuluftsystemen ausgeschlossen ist. Unter Überdruck stehende Abluftkanäle müssen möglichst kurz und gasdicht sein.

Umluftbetrieb ist grundsätzlich nicht zulässig.

Entlüftungseinrichtungen sollten bei der Raumkategorie RK2 an ein eigenständiges Abluftsystem angeschlossen werden. Für das eigenständige Abluftsystem ist der Anschluss an andere Abluftsysteme nicht zulässig.

3.10.2 Raumluftwechsel

Für den Raumluftwechsel in Laborräumen gilt, dass sich während der Zeit der Handhabung von offenen radioaktiven Stoffen ein Volumenabluftstrom von 25 m^3/h je m^2 Nutzfläche des Labors ergeben muss. Bei der Inbetriebsetzung ist der Luftwechsel zu prüfen.

3.10.3 Funktionsüberwachung und Alarmmeldung

Für Radionuklidlaboratorien mit RK2 gelten folgende Anforderungen:

- für die Überwachung der Funktion des Abluftsystems sind optische Anzeigen vorzusehen;
- für die Unterdrucküberwachung sind an geeigneten Stellen Anzeigen vorzusehen;
- sicherheitstechnisch relevante Störungen an der Lüftung sind vor Ort und an einer zentralen Stelle deutlich wahrnehmbar mit einer Alarmeinrichtung anzuzeigen.

3.10.4 Abzüge, Sicherheitswerkbänke

Bei der Raumkategorie RK1 sind Abzüge zu installieren, wenn die maximal mit der Atemluft im Kalenderjahr inkorporierbare Aktivität im Laborraum größer sein kann als 5 % des RJAZ. Zur Abschätzung der maximal inkorporierbaren Aktivität ist die RiPhyKo heranzuziehen.

Zur Vermeidung von Raumluftkontaminationen sind bei der Raumkategorie RK2 mindestens Abzüge für den allgemeinen Gebrauch nach DIN EN 14175 einzusetzen, sofern die Festlegungen zur Überwachung, Prüfung und Kennzeichnung nach DIN 25466 eingehalten werden.

Sicherheitswerkbänke nach DIN EN 12469 dürfen nur bei mikrobiologischen und biotechnischen Arbeiten eingesetzt werden, die einen Produktschutz zwingend erfordern.

Jeder Laborraum wird mit einem Abzug ausgestattet und die Zellkulturräume erhalten eine Sicherheitswerkbank.

3.11 Anforderungen an das Fortluftsystem

3.11.1 Ableitung über Dach

Der Fortluftstrom ist übers Dach abzuführen. Eine freie Abströmung muss sichergestellt sein. Luftstromkurzschlüsse mit Zuluftöffnungen müssen ausgeschlossen werden.

3.11.2 Fortluftfilterung

Filterung ist stets dann erforderlich, wenn radioaktiv kontaminierte Fortluft anfällt, die eine Überschreitung der nach StrlSchV festgelegten Werte erwarten lässt.

Anmerkung: Überschreitung kann durch Filterung der Abluft bzw. einer Kombination aus Ab- und Fortluftfilterungen verhindert werden.

Bei RK2 ist die Möglichkeit zur Nachrüstung von Einrichtungen zur Filterung der Fortluft bereits bei der baulichen Auslegung vorzusehen.

3.12 Spezielle Anforderungen an Abluft und Fortluftsysteme

Das Abluft- und Fortluftsystem sollte ab RK1 und muss ab RK2 an repräsentativen Stellen zu Prüfzwecken zugänglich sein.

Für RK2 sind in den Abluftkanälen und im Fortluftkanal Probeentnahmeöffnungen vorzusehen, die leicht und gefahrlos erreichbar sein müssen und eine quasi-isokinetische Probenahme ermöglichen.

Für RK2 muss das Schalten der lüftungstechnischen Anlage zentral möglich sein.

Zur Ab- bzw. Fortluftfilterung müssen Vorfilter der Filterklassen ab ISO*e*PM2,5 nach DIN EN ISO 16890-1 (ehemals F7 nach DIN EN 779) und Schwebstofffilter der Filterklasse ab H13 nach DIN EN 1822-1 bzw. ISO 35 H nach ISO 29463-1 sowie bei Bedarf Gasabsorptionsfilter und Abriebfilter eingesetzt werden. Sie sind auf der Saugseite der Fortluftventilatoren anzubringen. Zur Kontrolle der Filterbeladung sind Einrichtungen zur Differenzdruckmessung an jeder installierten Filterstufe vorzusehen. Der Differenzdruck ist an sichtbarer Stelle anzuzeigen. Es sind Einrichtungen zum kontaminationsfreien Auswechseln der Filter erforderlich.

Die Experimente mit I-125 werden in einem Abzug durchgeführt. Es können radioaktive Dämpfe entstehen, welche in der Abluft des Abzuges heraus zu filtern sind. In der Abluft des Abzuges sind daher folgende Filter (in der Reihenfolge) zu integrieren: HEPA, Aktivkohlefilter und ein Abriebfilter.

3.13 Anforderungen an die Abwasserführung

Die Anforderungen sind unabhängig von der Raumkategorie und richten sich nach Art und Menge des radioaktiv kontaminierten Abwassers.

Eine Abwassersammlung ist erforderlich, wenn zu erwarten ist, dass radioaktiv kontaminierte Abwässer anfallen, die die zulässigen Aktivitätskonzentrationen überschreiten. Wenn in Radionuklidlaboratorien nach Art des Umgangs zu erwarten ist, dass mehr als 1 m^3 radioaktives Abwasser im Vierteljahr anfallen, so ist eine Sammelanlage vorzusehen.

Radioaktiv kontaminiertes Abwasser muss gesammelt werden, um die weitere Vorgehensweise (z.B. Entsorgungsweg, Abklinglagerung, Bilanzierung) festlegen zu können.

Falls kontaminiertes Wasser anfällt, wird dieses in geeigneten Behälter gesammelt werden.

3.14 Reststoffführung/-behälter am Arbeitsplatz

Bei der technischen Auslegung der Reststoffführung muss darauf geachtet werden, dass die bei Tätigkeiten mit radioaktiven Stoffen anfallenden Reststoffe bereits am Entstehungsort nach ihren physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften sowie dem vorgesehenen Entsorgungsweg sortiert gesammelt werden.

Darüber hinaus müssen Einrichtungen vorgesehen werden, die eine Vorbereitung dieser Reststoffe für die Beförderung und die geordnete Beseitigung ermöglichen sollten. Dies gilt auch für die Beseitigung freigegebener fester oder flüssiger Stoffe (Entlassung aus dem Geltungsbereich des Strahlenschutzgesetzes).

Bei der Auslegung der Laborräume ist darauf zu achten, dass ausreichende und geeignete Stellflächen für Reststoffbehälter am Arbeitsplatz vorhanden sind und gegebenenfalls die Möglichkeit des Anschlusses der Reststoffbehälter an das Abluftsystem besteht.

In Abhängigkeit von den gehandhabten Radionukliden und der zu erwartenden Aktivität der Reststoffe sind geeignete Abschirmungen vorzusehen.

Um einen Umlagerungsschritt von den Abfallbehälter in die Transportbehälter zu vermeiden, könnten die Abfälle direkt in Transportbehälter gesammelt und dann kurzfristig im Abklingraum zwischengelagert werden.

4 LOKALE ABSCHIRMUNGEN

In den Räumlichkeiten erfolgt ein Umgang mit den in Tabelle 1 aufgeführten Nukliden. Diese liegen hauptsächlich in wässriger Lösung vor. Es werden β- und γ-Strahler eingesetzt. Für die zwei Strahlarten sind unterschiedliche Materialien für die Abschirmungen zu verwenden. β-Strahlung

weist eine mittlere Ionisationsenergie auf und bewirkt eine mittlere Eindringtiefe. γ-Strahlung besitzt eine niedrige Ionisationsenergie, jedoch bewirkt diese eine Durchstrahlung. Daher ist Polymethylmethacrylat (Plexiglas) bei β-Strahlern und Blei bei γ-Strahler einzusetzen.

Die Berechnung der lokalen Abschirmungen erfolgt auf Grundlage der erstellten Tabellenkalkulationen des Arbeitsausschusses 3 „Nuklearmedizin“ des Normenausschusses Radiologie (NAR) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V. in Arbeitsgemeinschaft mit der Deutschen Röntgengesellschaft und in Zusammenarbeit mit der Deutschen Gesellschaft für Medizinische Physik, der Deutschen Gesellschaft für Nuklearmedizin sowie der Deutschen Gesellschaft für Radioonkologie. Es wurden Tabellenkalkulationen für die Berechnung der Abschirmdicke für Photonen- und Bremsstrahlung sowie reine Betastrahlung erstellt.

Für β-Strahlung ist Plexiglas als Personenschutz ausreichend. Die Berechnung der Abschirmdicke für P-32 erfolgt gemäß DIN 6843 in der Tabellenkalkulation. Dessen Abschirmdicke wird zur Orientierung für alle β-Strahler verwendet. Die geringe notwendige Dicke des Plexiglases zeigt, dass kein baulicher Strahlenschutz erforderlich ist, da jede Wand eine höhere Dicke aufweist. Die Positionierung der Plexiglasscheibe erfolgt zwischen Strahlungsquelle (Radionuklid) und dem Mitarbeiter. Die Abfälle würden in Abfallbehälter mit allseitig umgebenem Plexiglas gesammelt werden.

Für die γ-Strahlung ist Blei als Abschirmung zu verwenden, um den Personenschutz umzusetzen. Eine Abschirmung aller Seiten ist zu berücksichtigen, wobei diese versuchsspezifisch dimensioniert ist. Die DIN 6850 beschreibt eine notwendige Abschirmdicke von Blei, sodass eine Ortsdosisleistung von 25 µSv*h^{-1} im Abstand von 25 cm zur Strahlungsquelle erreicht wird. Es wird von einer punktförmigen, radioaktiven Strahlungsquelle ausgegangen, welche direkt hinter der Abschirmung abgestellt ist. In der Tabelle 5 ist die Abschirmdicke für die nächsthöhere Aktivität angegeben.

Tabelle 5 Auflistung der gehandhabten Strahler mit Abschirmmaterial und -dicke. *Dicke orientiert sich an P-32 **Unterschiedliche Aktivitäten werden gehandhabt, textliche Ausführung erfolgt unterhalb der Tabelle.

Radionuklid	Zerfall/ Strahlung	Umgangsaktivität [MBq]	Abschirmdicke [cm]	Abschirmmaterial
P-32	β	37	0,66	Plexiglas
C-14	β		*	Plexiglas
S-35	β		*	Plexiglas
H-3	β		*	Plexiglas
P-33	β		*	Plexiglas
Fe-55	β		*	Plexiglas

Ga-68/ Ge-86	γ	10	0	Blei
Fe-59	γ	5**	0	Blei
Fe-59	γ	37**	3	Blei
I-125	γ	80	0,5	Blei

Es wird eine Stammlösung von Fe-59 gehandhabt, welche eine Umgangsaktivität von 37 MBq besitzt. Bei Handhabung dieser ist eine allseitige Abschirmung von 3 cm Blei erforderlich. In den Versuchen wird jedoch mit einem Aliquot der Stammlösung, welches dann eine Umgangsaktivität von 5 MBq aufweist, umgegangen. Bei dieser geringen Aktivität ist keine Abschirmung nach der DIN 6850 erforderlich.

5 ANFORDERUNGEN AN DEN ABKLINGRAUM

Im Abklingraum werden die in Tabelle 6 aufgelisteten Nuklide gelagert. Die Berechnung der erforderlichen Abschirmungen erfolgte durch die Ingenieurgesellschaft für Strahlenschutzprojekte GbR. Die Abfallbehälter sind so auszuführen, dass diese bereits eine Abschirmung der Strahlung bewirken. Falls erforderlich, kann darüber hinaus weitere Abschirmung ergänzt werden.

Tabelle 6 Auflistung der gelagerten Radionuklide mit zugehöriger Lageraktivität.

Radionuklid	Zerfall/Strahlung	Maximale Lageraktivität [MBq]
S-35	β	500
Fe-59	γ	100
P-32	β	40
S-35	β	100
I-125	γ	100

6 INFORMATIONS- UND RECHTSGRUNDLAGEN

6.1 Projektspezifische Unterlagen

- Grundriss der Ersatzflächen, dr. heinekamp Labor- und Institutsplanung GmbH, Stand 05.09.2025
- Bedarfsanalyse NI-Gebäude, dr. heinekamp Labor- und Institutsplanung GmbH, Stand 14.01.2025
- Informationserhebungsbogen Prof. Dr. Günther-Pomorski
- Informationserhebungsbogen Prof. Dr. Aktas
- Informationserhebungsbogen Prof. Dr. Krämer
- Informationserhebungsbogen Prof. Dr. Bandow
- Informationserhebungsbogen Prof. Dr. Mulder, Frau Heinz
- Informationserhebungsbogen Prof. Dr. Schünemann
- Informationserhebungsbogen Prof. Dr. Heinsius, Prof. Dr. Wiedner
- Informationserhebungsbogen Herr Pacha
- Informationserhebungsbogen RUBION (neu: CoRa)

6.2 Rechtsgrundlagen

- **DIN 25425-1**: "Radionuklidlaboratorien – Teil 1: Regeln für die Auslegung"
- **DIN 6850**: „Strahlenschutzbehälter, Strahlenschutztische und Strahlenschutztresore zur Verwendung in nuklearmedizinischen Betrieben – Anforderungen und Klassifikation"
- Berechnung von Abschirmdicken für die Nuklearmedizin, Kalkulationstabellen der NAR (https://www.din.de/de/mitwirken/normenausschuesse/nar/berechnung-von-abschirmdicken-fuer-die-nuklearmedizin-79934)

Karlsfeld, den 29.04.2026

GLS Gesellschaft für LaborSicherheit mbH

i. A. Reni Hartfiel

Fachkraft für Arbeitssicherheit / Chemikerin