

Rückbauprojekte am Paul Scherrer Institut am Beispiel der Sanierung von Altlasten im Aktivabwassersystem

Das Paul Scherrer Institut (PSI) führt zurzeit 5 Rückbauprojekte parallel in einer Matrixorganisation durch. Dies umfasst 4 Stilllegungsprojekte für Kernanlagen sowie 1 Projekt zur Sanierung von Altlasten im Aktivabwasser. Die 4 Stilllegungsprojekte umfassen 3 ehemalige Forschungsreaktoren (Proteus, Diorit, Saphir) sowie 1 ehemalige Versuchsverbrennungsanlage für schwach radioaktive Abfälle.

Im Folgenden wird auf das Projekt „Sanierung von Altlasten im Aktivabwasser“ und seine Besonderheiten näher eingegangen.

Das Projekt „Sanierung von Altlasten im Aktivabwasser“

Im Jahr 2017 startete das Paul Scherrer Institut ein umfassendes Projekt zur Sanierung des Abwassersystems für radioaktive Abwasser (im Weiteren kurz: „Aktivabwassersystem“).

Das Ziel dieses Projekts ist es, Altlasten wie Aktivabwasserleitungen, Rückhaltebecken und radioaktive Schlämme zu beseitigen und gegebenenfalls durch moderne, dem aktuellen Stand der Technik entsprechende Systeme zu ersetzen.

Das PSI hat seit Ende der 1950er-Jahre die 3 oben genannten Forschungsreaktoren betrieben und verfügt über ein komplexes Aktivabwassersystem, das kontinuierlich an die prioritären Bedürfnisse der Forschung angepasst wurde und somit stetig an Komplexität zugenommen hat. Der leistungsstärkste Forschungsreaktor der Schweiz, der 30-MW-Schwerwasserreaktor Diorit, wurde nach 17 Jahren Betrieb bereits 1977 stillgelegt. Doch die Rückbauarbeiten begannen erst 2012. Über die Jahre hinweg wurde das Diorit-Abwassersystem teilweise weitergenutzt, jedoch nie vollständig getrennt und zurückgebaut. Bedingt durch diese lange Zeitspanne sind die ursprünglichen Experten, die das System entworfen und betrieben haben, nicht mehr

verfügbar und die damalige Dokumentation ist lückenhaft und schwer verständlich. Dies macht das Sanierungsprojekt des PSI-Aktivabwassersystems zu einer wahren Entdeckungsreise in die nukleare Geschichte der Schweiz. Immer wieder stoßen die Sanierungsteams auf erstaunliche Funde, wie ungenutzte Entleerungsschächte oder kontaminierte Kabelschächte. Das Projekt ist technisch anspruchsvoll, bietet aber auch eine spannende Erkundung der Vergangenheit und immer wieder neue und unerwartete Einblicke in die damalige Nukleartechnik. Dieses Aktivabwassersystem, das nach wie vor diverse Labore für den Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen sowie ein Abfalllabor zur Konditionierung radioaktiver Abfälle bedient, ist veraltet und entspricht nicht mehr den aktuellen technischen Standards. Das Sanierungsprojekt konzentriert sich auf die Modernisierung und den Rückbau der bestehenden Infrastruktur, um den heutigen Sicherheits- und Umweltstandards zu entsprechen. Aufgrund der Komplexität ist das Projekt in 14 Teilprojekte unterteilt. Die nicht mehr benötigten Pumpensümpfe und Rohrleitungen werden zurückgebaut, während

Becken mit weiterem Nutzungsbedarf durch Stahltanks ersetzt werden. Parallel dazu wird sichergestellt, dass die Abwässer aller Abgabepfade durch dieselbe Aufbereitungsanlage laufen, bevor sie in die Umwelt eingeleitet werden. Die Sanierungen durchzuführen, ohne den immer noch laufenden Betrieb zu beeinträchtigen, stellt hier eine besondere Herausforderung dar.

Rückbau von Aktivabwasserrohren

Beim Rückbau von Aktivabwasserleitungen in Medienkanälen des PSI wird das Konzept der „Wanderzone“¹⁾ (siehe Abbildung 1) angewendet. Diese Methode gilt generell, ersetzt jedoch nicht eine detaillierte Strahlenschutzplanung im Einzelfall. Die Leitungen ver-

laufen durch unterirdische Medienkanäle und teilweise durch nicht eingezonte Räume. Die beengten Platzverhältnisse und Hindernisse wie Treppen und Kabeltrassen erschweren die Arbeiten. Die Abwasserleitungen aus Kunststoff

oder verzinktem Stahl können radioaktiv kontaminiert und stellenweise mit Restwasser gefüllt sein. Eine Reduktion der Kontamination ist mit zunehmender Entfernung von der Quelle zu erwarten.

Messungen, die vor der Sanierung an den Rohrleitungsoberflächen vorgenommen wurden, ergaben in seltenen Fällen eine Dosisleistung von über 2 µSv/h. Die Kontamination sammelt sich bevorzugt an Rohrübergängen, Muffen und Abzweigungen im Inneren der Leitungen. Dies erleichtert die Handhabung der Rohrabschnitte nach der Trennung, da die Kontamination sicher eingeschlossen werden kann.

¹⁾ Anmerkung der Redaktion: Die „Zone“ im Schweizer Strahlenschutzrecht entspricht dem „Strahlenschutzbereich“ im deutschen Strahlenschutzrecht.

Entdeckungsreise in die nukleare Geschichte

Radioaktiv kontaminiert?



Abb. 1: Einrichtung einer „Wanderzone“ in den PSI-Medienkanälen

Nach dem Rückbau eines Abschnitts wird die Zone verschoben, bis die gesamte Leitung rückgebaut ist. Während des Rückbaus müssen die Mitarbeiter zusätzlich zum anerkannten Dosimeter ein elektronisches Dosimeter mit Alarmfunktion tragen, und die akkumulierten Dosen werden für die Rückbautätigkeit protokolliert.

**^{241}Am , ^{239}Pu ,
 ^{240}Pu , ^{133}Ba ,
 ^{60}Co , ^{137}Cs ,
 ^{152}Eu**

einer möglichen effektiven Folgedosis von 1 mSv und in Abhängigkeit vom Nuklidvektor. Der Nuklidvektor in den Leitungsablagerungen (^{241}Am , ^{239}Pu , ^{240}Pu , ^{133}Ba , ^{60}Co , ^{137}Cs und ^{152}Eu) enthielt auch Alpha-Strahler, die stets als flüchtig betrachtet werden. Bei erhöhter Rohrkontamination erfolgt die Arbeitsplatzüberwachung online mittels eines iCAM-Messgerätes (mobiler Alpha-Beta-Aerosol-Monitor der Firma Mirion), andernfalls werden Luftproben gesammelt, täglich ausge-

Inkorporationsüberwachung

Die Inkorporationsüberwachung erfolgt gemäß internen Vorgaben bei

folgt die Arbeitsplatzüberwachung online mittels eines iCAM-Messgerätes (mobiler Alpha-Beta-Aerosol-Monitor der Firma Mirion), andernfalls werden Luftproben gesammelt, täglich ausge-



Abb. 2: Trennung einer Aktivabwasserleitung in einer „Wanderzone“

wertet und entsprechend dokumentiert.

Die Rückbaumitarbeiter werden von einem Arbeitskoordinator begleitet, der den Fortschritt überwacht und dem Projektleiter berichtet. Bei unerwarteten Ereignissen werden die Arbeiten gestoppt und Schutzmaßnahmen ergriffen. In der „Wanderzone“ ist maximal eine Kontamination von 10 Richtwerten der Oberflächenkontamination (z. B. mit ^{137}Cs oder ^{60}Co als Leitnuclid von maximal 30 Bq/cm^2) zugelassen. Notleuchten und Fluchtwege sind vorhanden und das Personal trägt Sauerstoffwächter, um sicherzustellen, dass keine Gase aus den geöffneten Rohrleitungen den Sauerstoffgehalt in der Atemluft gefährden. In den Medienkanälen befinden sich neben den rückzubauenden Leitungen auch andere Leitungen und Strukturen. Dies erschwert

Anzeige



SK UT Strahlenschutzkurse Uni Tübingen

Fachkunde- und Inhousekurse im Strahlenschutz

- zum Fachkundeerwerb und zur Fachkundeaktualisierung in Tübingen
- Fachkundeaktualisierung durch Inhousekurse

Besuchen Sie uns auf unserer Homepage und finden Sie den passenden Kurs!

www.strahlenschutzkurse-UT.de

Kursleiter: Dr. Thomas Haug
haug@wit-strahlenschutz.de



ERBENFÜR KUNST
UNIVERSITÄT
TÜBINGEN





Abb. 3: Dekontamination von Aktivabwasserleitungen

die Einrichtung einer Unterdruck-Einhausung als primäre Barriere zur Eindämmung einer Kontaminationsausbreitung. Das größte Risiko besteht während der Öffnung der Aktivabwasserleitungen.

Um eine Kontaminationsverschleppung zu verhindern, werden situative Maßnahmen wie das zusätzliche Einhausen und der Einsatz einer Lokalabsaugung mit Filter während des Trennvorgangs angewendet (siehe Abbildung 2 auf Seite 15). Die zu trennende Leitung wird am Eintrittspunkt in den Medienkanal getrennt und verschlossen.

Durch das Bestimmen der losen Kontamination mittels sogenannter „Wischtests“ wurde der oben genannte Nu-

klidvektor bestimmt. Basierend auf dem Ergebnis bzw. der Höhe der vorgefundenen Kontamination, werden entsprechende Maßnahmen eingeleitet. Alle Rohre werden in der Mitte längs aufgeschnitten, um die Messung von potenziellen Alpha-Kontaminationen für die Freimessung zu ermöglichen. Herausgetrennte Leitungselemente werden in der Nähe zwischengelagert, beschriftet und dokumentiert. Die Zwischenlagerung erfolgt in einer fest installierten kontrollierten Zone, in der auch Dekontaminationsarbeiten durchgeführt werden können (siehe Abbildung 3).

Auf diese Weise konnten am PSI in den Jahren 2019 und 2020 etwa 5 Ton-



Abb. 4: Die im Jahr 2019 freigegebenen Aktivabwasserleitungen

nen Rohrleitungen freigemessen und zum größten Teil zur Wiederverwertung verkauft werden (siehe Abbildung 4). Die Handhabung der kontaminierten Rohrabchnitte führte zu einer geringen Dosisbelastung von maximal 1 Personen- μSv pro Arbeitstag.

Rückbau der Rückhaltebecken

Da die strahlenschutztechnischen Voraussetzungen vor Ort nicht erfüllt waren, stellte die Sanierung von 3 nebeneinanderliegenden ehemaligen Rückhaltebecken ein besonders herausforderndes Teilprojekt dar. Diese Becken wurden in den 1960er-Jahren als Betonwannen mit einer wasserdichten Beschichtung aus Zweikomponenten-Farbe in Betrieb genommen. Über die Betriebsjahre hatte sich durch Sedimentation am Boden dieser Becken eine mit Radionukliden belastete Schlammschicht angesammelt.

Im Normalbetrieb sind Rückhaltebecken nicht begehbar. Daher mussten vor Beginn der Sanierungsarbeiten zunächst die gesetzlichen Vorgaben aus der „Verordnung über den Umgang mit radioaktivem Material“ UraM [1] umgesetzt werden, insbesondere was die Belüftung von Arbeitsbereichen betrifft. Aus diesem Grund nahm das PSI im Jahr 2020 eine mobile Fortluftabgabestelle (siehe Abbildung 5) in Betrieb. Diese provisorische Fortluftabgabestelle gewährleistet in den kontaminierten Bereichen den geforderten fünffachen Luftwechsel pro Stunde sowie die Bilanzierung der Luftemissionen.

Zunächst musste das im Becken verbliebene Wasser kontrolliert abgelassen werden. Anschließend konnte der kontaminierte Schlamm entfernt und fachgerecht entsorgt werden (siehe Abbildung 6).

Mit Radionukliden belastete Schlammschicht

Oberflächenkontamination am Boden der Becken



Abb. 5: Die mobile Fortluftabgabestelle wurde 2020 für die Sanierung von Rückhaltebecken in Betrieb genommen.



Abb. 6: Ein Rückbauer fördert kontaminierten Schlamm im Rückhaltebecken.

Alle hervorstehenden Komponenten wie beispielsweise Rohrdurchführungen, Befestigungen und Beschläge mussten aus dem Becken entfernt werden. Nach einer ersten Grobreinigung mit Wasser wurde die verbliebene Oberflächenkontamination am Boden der Becken gemessen. Die gemessene Ortsdosisleistung dieser fixierten Kontamination betrug in einem Abstand von 10 cm maximal 500 nSv/h. Dies erforderte weitere Dekontaminationsmaßnahmen.

Das Dekontaminieren der Beckenwände begann mit dem Entfernen der

Schutzschicht. Danach erfolgte eine Kontaminationsmessung. Kontaminierte Stellen wurden markiert und nachbearbeitet. Dieser Prozess wurde so lange wiederholt, bis die Kontamination unter dem nuklidspezifischen gesetzlichen Richtwert lag und die Dosisleistung unter 100 nSv/h in 10 cm Abstand betrug. Diese Werte schaffen die Grundlage für die anschließende Befreiungsmessung²⁾ der Räumlichkeiten.

²⁾ Anmerkung der Redaktion: Die „Befreiung“ im Schweizer Strahlenschutzrecht entspricht der „Freigabe“ im deutschen Strahlenschutzrecht.



UNSER PROGRAMM UMFASST REGELMÄSSIGE ERWERBS- UND AKTUALISIERUNGSKURSE ZU ALLEN GÄNGIGEN FACHKUNDENGRUPPEN.

60 Jahre Erfahrung
im Strahlenschutz

FTU Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt



MEHR INFORMATIONEN UND ANMELDUNG:

**FORTBILDUNG.KIT.EDU/
STRAHLENSCHUTZ.PHP**



Fortbildungszentrum für Technik und Umwelt (FTU)
Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Hermann-von-Helmholtz-Platz 1
76344 Eggenstein-Leopoldshafen
Tel.: +49 721 608-24801
info@ftu.kit.edu



Abb. 7: Ein Rückbauer beim Erheben von Schleifproben an der Beckenwand

Nach der Dekontamination wurden die Wände, Böden und Decken des Beckens in Sektoren von etwa einem Quadratmeter eingeteilt. Von jedem Sektor wird eine Schleifprobe entnom-

men und die spezifische Aktivität ermittelt (siehe Abbildung 7). Liegt die spezifische Aktivität unter der Befreiungsgrenze, gilt der Sektor als dekontaminiert.

Zusammenfassung

Mit der beschriebenen Verfahrensweise konnte das PSI im Jahr 2023 die 3 ehemaligen Rückhaltebecken vollständig aus der Kernenergieverordnung entlassen. Die freigemessene Fläche betrug insgesamt etwa 165 m² und erforderte die Arbeitsleistung von 2 Personen über einen Zeitraum von 2 vollen Arbeitsjahren. Die Kollektivdosis konnte dabei auf unter 200 Personen- μ Sv begrenzt werden.

Danksagung

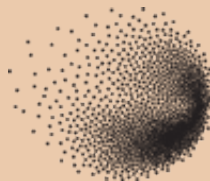
Ein besonderer Dank geht an **Markus Hunziker**, **Walter Huber** und **Frank Ziesmer**, die das Projekt personell und fachlich stets unterstützt haben.

Jan Züllig, **Carolin Fichtner**,
Christina Wouters, **Lisa Pedrazzi**,
Sophie Harzmann, **Sabine Mayer** □

Paul Scherer Institut (PSI)

Das PSI in Kürze

- Wie werden wir in Zukunft leben?
- Welche Technologien werden wir nutzen?
- Wie stellen wir unsere Energieversorgung sicher?
- Wie bewältigen wir die Klimakrise?
- Wie treiben wir die Zukunft der Gesundheit voran?



PSI

Internationale Spitzenforschung in der Schweiz

Das PSI ist mit 2.300 Mitarbeitenden und einem jährlichen Budget von CHF 460 Millionen das größte Forschungsinstitut für Natur- und Ingenieurwissenschaften in der Schweiz. Es ist der zentrale Standort der Schweizer Großforschungsanlagen. Als Teil des ETH-Bereichs ist das PSI ein entscheidender Pfeiler der Schweizer Forschungslandschaft und betreibt Spitzenforschung in den Bereichen Zukunftstechnologien, Energie und Klima, Health Innovation sowie Grundlagen der Natur.

Weltweit einzigartige Großforschungsanlagen

Das PSI entwickelt, baut und betreibt hochkomplexe Teilchenbeschleuniger-basierte Großforschungsanlagen. Diese stehen der Wissenschaft wie auch der Industrie zur Verfügung. Forschende sowohl aus der Schweiz als auch aus der ganzen Welt bewerben sich um Messzeit an den Großforschungsanlagen des PSI, die in dieser Kombination weltweit einzigartig sind. Rund 3.000 Gastforschende sowohl aus der Schweiz als auch aus der ganzen Welt nutzen jährlich die Großforschungsanlagen des PSI für ihre Forschung.

www.psi.ch