

Empfehlung des AKE

## Berücksichtigung stilllegungsrelevanter Daten in der Betriebsdokumentation

26.09.2007

Erstellt unter Mitwirkung von

Dr. Friedhelm Börchers	TÜV NORD EnSys Hannover GmbH & Co. KG
Klaus-Dieter Brandt	ESN EnergieSystemeNord GmbH
Friedrich Herzog	E.ON Kernkraft GmbH
Walter Plank	TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Carmen Schiele	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe Rückbau- und Entsorgungs- GmbH

## **INHALTSVERZEICHNIS**

1. Einleitung
  2. Ziele der Dokumentation
  3. Umfang der Betriebsdokumentation
    - 3.1 Radiologische Charakterisierung der Anlage
    - 3.2 Bauliche Charakterisierung, Materialzusammensetzung und Massenverteilung
    - 3.3 Arbeitsverfahren und –abläufe
    - 3.4 Konditionierung von Abfällen
    - 3.5 Auswirkungen auf Bevölkerung und Umwelt
    - 3.6 Formale Anforderungen
  4. Empfehlung zur Dokumentationsart
  5. Ausblick
  6. Literatur
- Anhang: Auflistung der zu dokumentierenden Daten

## 1. Einleitung

Die Stilllegung einer genehmigungspflichtigen Anlage, in der mit radioaktiven Stoffen umgegangen wurde oder die zur Erzeugung ionisierender Strahlen diente, ist in der Regel selbst genehmigungspflichtig und ihre Durchführung unterliegt der behördlichen Aufsicht. Daher ist zur Erlangung der erforderlichen Genehmigung(en) und später im Aufsichtsverfahren nachzuweisen, dass der vom Gesetzgeber geforderte Schutz von Mensch und Umwelt hinreichend sichergestellt ist. Darüber hinaus liegt es bei der konkreten Durchführung der Stilllegung in der ständigen Verantwortung der planenden und ausführenden Personen, die Belange des Strahlenschutzes, Arbeitsschutzes und Brandschutzes angemessen zu berücksichtigen, wobei auch die Wirtschaftlichkeit nicht außer Acht gelassen werden darf.

Um diese Aufgaben zielgerichtet und ökonomisch erledigen zu können, sind Informationen erforderlich, auf denen die Planung für die Stilllegung aufbauen kann. Je vollständiger und umfassender diese Datenbasis vorliegt, desto besser können erfahrungsgemäß die Schutzziele im Einklang mit den wirtschaftlichen Interessen erreicht werden. Diese Erfahrung legt es nahe, schon während des Betriebes einer später stillzulegenden Anlage die angefallenen Daten und Erfahrungen aufzuzeichnen, die bei der späteren Stilllegung relevant sein können.

Die vorliegende Empfehlung, die auf Erfahrungen aus dem Betrieb und aus der Stilllegung unterschiedlicher Anlagen basiert, soll eine Hilfe bei der Auswahl stilllegungsrelevanter Betriebsdaten sein und Anregungen zur Art der Dokumentation geben. Ihr Ziel ist es nicht, neue stilllegungsbezogene Untersuchungsprogramme zu initiieren, sondern sie soll das Augenmerk auf die ohnehin während des Betriebs anfallenden Daten lenken, die für die Stilllegung relevant sein können. Sie ergänzt somit die bereits existierenden Vorgaben für kerntechnische Einrichtungen, wie z.B. den Stilllegungsleitfaden /1/ oder die KTA-Regel 1404 /2/, geht aber in ihrer Zielrichtung über die Anlagen des kerntechnischen Bereichs hinaus. Für diese Anlagen sind die Dokumentationsvorschläge, die sich an Kernkraftwerken orientieren, in sinnvoller Weise zu reduzieren.

## 2. Ziele der Dokumentation

Im Hinblick auf die Optimierung des Stilllegungsprozesses hat es sich gezeigt, dass die zu dokumentierenden Daten folgenden Zielen oder Interessengebieten dienen sollen:

1. Minimierung des Aufwandes im Genehmigungsverfahren
2. Erreichen der Schutzziele Strahlenschutz, Arbeitsschutz, Brandschutz und ggf. Anlagensicherung
3. Optimierung der Reststoff- und Abfallentsorgung
4. Vermeidung unnötiger Kosten

### *Genehmigungsverfahren*

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens, das mit dem Stilllegungsantrag eingeleitet wird, sind Antragsunterlagen einzureichen, die das Stilllegungsvorhaben vollständig und nachvollziehbar beschreiben und mit denen nachgewiesen wird, dass die

geplante Vorgehensweise alle geforderten Schutzziele einhält. Die Erstellung der Antragsunterlagen ist zeitaufwendig und kostenträchtig. Der Aufwand kann erheblich verringert werden, wenn eine umfassende Betriebsdokumentation zur Verfügung steht, welche es erlaubt,

- den aktuellen radiologischen, systemtechnischen und bautechnischen Zustand der Anlage zu beschreiben sowie
- die geplante Vorgehensweise zu begründen und zu verdeutlichen, dass sie im Einklang mit den geforderten Schutzziele steht.

Nachfragen zu den Antragsunterlagen seitens der Genehmigungsbehörde oder deren zugezogenem Sachverständigen können vor allem auf Basis der vorhandenen und dokumentierten Betriebserfahrungen zügig und nachvollziehbar beantwortet werden.

### *Strahlenschutz, Arbeitsschutz, Brandschutz*

Die Detailplanung der Stilllegung erfordert Informationen, die über den Umfang der Daten hinausgehen, die für die Erstellung der Genehmigungsunterlagen erforderlich sind. Zur Verfolgung der Schutzziele Strahlenschutz, Arbeitsschutz und Brandschutz bei der konkreten Durchführung der Stilllegungsmaßnahmen sind daher zusätzliche Informationen aus dem Betrieb der Anlage hilfreich.

Zur Minimierung möglicher Aktivitätsfreisetzungen in der Anlage und damit auch zur Minimierung von Aktivitätsableitungen in die Umgebung ist die Kenntnis der Verteilung von Art und Höhe der Aktivität in der Anlage von Bedeutung.

In Bezug auf die Strahlenschutzplanung eines Rückbaugewerks sind z. B. die genaue Höhe und räumliche Verteilung der Ortsdosisleistung im Arbeitsbereich oder die Einsatzmöglichkeiten von Hilfsmitteln zur Arbeitszeitverkürzung und zur Abstandhaltung von Bedeutung.

Im Hinblick auf den konventionellen Arbeitsschutz ist z. B. das Vorhandensein nicht radioaktiver Schadstoffe in den abzubauenen Materialien von Bedeutung, welche Schutzmaßnahmen für das Rückbaupersonal erfordern, die in Kombination mit Strahlenschutzmaßnahmen zu berücksichtigen sind (Beispiel: Asbesthaltige Werkstoffe).

Aus dem Brandschutz ergeben sich darüber hinaus Anforderungen an die konkrete Vorgehensweise beim Rückbau oder bei der Herrichtung eines sicheren Einschusses. So müssen z. B. Arbeitszelte bei thermischen Trennverfahren aufwendiger gestaltet werden als beim Trennen mit Säge oder Abkreisgerät.

Darüber hinaus können sicherungsrelevante Sachverhalte gegebenenfalls von Belang sein.

### *Optimierung der Abfall- und Reststoffentsorgung*

Im Hinblick auf die Entsorgung der im Rahmen der Stilllegung entstehenden Abfälle und Reststoffe ist es erfahrungsgemäß ein Ziel, den Anteil der radioaktiven Abfälle möglichst gering zu halten. Dies ist auch im wirtschaftlichen Interesse. Dies bedeutet, dass der Anteil der Materialien, die wiederverwendet, verwertet oder als inaktiver Abfall oder Reststoff entsorgt werden können, möglichst groß werden sollte. Dazu ist von entscheidender Bedeutung, dass getrennt werden kann zwischen den Bereichen, in denen Materialien oder Gebäudestrukturen kontaminiert oder aktiviert sein

können und solchen, für die von vornherein eine Kontamination oder Aktivierung ausgeschlossen werden kann. Eine umfassende Dokumentation des Umgangs mit radioaktiven Stoffen oder der Verwendung von zur Aktivierung führender Strahlung ist deshalb eine wichtige Basis für diese Entscheidung. Auch für die abschließende Gebäudefreigabe ist sie entscheidend, wobei insbesondere Informationen hilfreich sind, die darauf zielen, an welchen Stellen mit eingedrungener oder auf Grund von Dekontaminations- und Sanierungsmaßnahmen abgeschirmter Aktivität gerechnet werden muss. Letzteres kann z.B. von besonderer Bedeutung für Chemielabors sein, in denen über viele Jahre mit unterschiedlichen Radionukliden bei unterschiedlicher Aufgabenstellung umgegangen wurde.

Dazu sind Informationen zur nuklidspezifischen Zusammensetzung der Aktivität von Bedeutung, weil einerseits die Freigabe von geringfügig kontaminierten Stoffen auf nuklidspezifischen Freigabewerten basiert und andererseits die Annahmebedingungen des Zwischenlagers, Endlagers oder der zuständigen Landessammelstelle Angaben zu dieser Zusammensetzung erfordern. Für das noch nicht existierende Endlager sind zurzeit die Endlagerbedingungen des Schachts Konrad maßgeblich. Neben radiologischen Daten sind hier auch die Daten konventioneller Schadstoffe von Bedeutung.

#### *Vermeidung unnötiger Kosten*

Die ökonomischen Ziele decken sich zum großen Teil mit denen in anderen Bereichen. So ist z. B. die zügige und vollständige Erstellung der Antragsunterlagen auch wirtschaftlich wünschenswert. Desgleichen ist der zügige Rückbau einer Systemkomponente häufig sowohl wirtschaftlich wie dem Strahlenschutz dienlich. Darüber hinaus gibt es jedoch in Bezug auf die Detailplanung des Stilllegungsvorhabens Informationsbedarf. So ist z.B. für den Rückbau das Wissen um die Lage der zu erhaltenden Restbetriebssysteme und deren Kennzeichnung, z. B. Rohrleitungsverlauf und Kabeltrassen, von Bedeutung. Die Auswahl effektiver Rückbautechniken hängt von der Information über die Materialzusammensetzung und die Einbaulage der Komponenten ab. Außerdem kann die Personalplanung für den Rückbau auf Erfahrungen aus Instandhaltungsarbeiten während des Betriebs aufbauen. Dies alles sind Informationen, die dazu dienen, im Rahmen der Stilllegung aus sicherheitstechnisch gleichwertigen Lösungsmöglichkeiten die kostengünstigsten auszuwählen.

Aus den vier genannten Bereichen - Genehmigungsverfahren, Einhaltung der Schutzziele, Optimierung der Abfall- und Reststoffentsorgung und Wirtschaftlichkeit - ergeben sich somit eine Vielzahl von Anforderungen an die Betriebsdokumentation, die sich in weiten Bereichen überschneiden, aber auch auf spezielle Interessengebiete bezogen sind. Da es nicht Ziel dieser Zusammenstellung ist, die gesammelten Daten streng nach den vier Interessengebieten aufzuteilen, werden im Folgenden die zu dokumentierenden Daten themenorientiert behandelt (z. B. Radiologie, Arbeitsverfahren, Materialzusammensetzung), wobei auf die Bedeutung für die einzelnen Interessengebiete hingewiesen wird. Im Anhang ist eine Auflistung aller Daten mit Bezug auf die Interessengebiete enthalten.

### **3. Umfang der Betriebsdokumentation**

Jeder Betreiber einer genehmigungspflichtigen Anlage ist verpflichtet, eine Betriebsdokumentation zu führen. Umfang und Gliederung dieser Dokumentation sind von der Art der Anlage abhängig, zum Teil gibt es konkrete Vorgaben dazu. So ist zum

Beispiel die Dokumentation eines Kernkraftwerkes in der KTA 1404 /2/ vorgeschrieben.

Für die praktische Durchführung der Dokumentation zur Stilllegung ist es zweckmäßig, die Daten nach Themenbereichen zu gliedern, die an die Datenherkunft angepasst sind.

In diesem Zusammenhang wird hier zwischen folgenden Themen unterschieden:

- Radiologische Charakterisierung der Anlage
- Bauliche Charakterisierung, Materialzusammensetzung und Massenverteilung
- Arbeitsverfahren und –abläufe incl. Materialtransporte
- Konditionierung radioaktiver Abfälle
- Umgebungsüberwachung
- Formale Anforderungen

### **3.1 Radiologische Charakterisierung der Anlage**

Die radiologische Charakterisierung der Anlage umfasst die Dokumentation aller Daten, die den radiologischen Zustand der Anlage beschreiben. Dies sind die Messwerte der Ortsdosisleistung, der Kontamination und der Aktivierung.

Die Messwerte der Ortsdosisleistung müssen unter Angabe des Messortes, des Zeitpunktes der Messung und in Verbindung mit den dazu gehörenden Betriebszuständen dokumentiert werden. Die Aufzeichnungen sollten die Daten der routinemäßigen Ortsdosisleistungserfassung in begehbaren Bereichen sowie spezielle Messungen an Komponenten und Abfällen umfassen. Außerdem sind die Messwerte von Bedeutung, die im Rahmen von Instandhaltungsmaßnahmen gewonnen wurden. Diese Daten sind wichtig für die Berücksichtigung der Belange des Strahlenschutzes bei der Rückbauplanung, insbesondere für die Auswahl der Arbeitsverfahren im Rahmen der Stilllegung, der benötigten Hilfseinrichtungen sowie der vorbereitenden Maßnahmen (z. B. die Errichtung von Abschirmungen). Auch die Abgrenzung der Strahlenschutzbereiche und die Rückbaulogistik werden wesentlich von der Ortsdosisleistungsverteilung beeinflusst. Daneben sind die Daten auch für den Nachweis der ausreichenden Strahlenschutzvorsorge im Rahmen des Genehmigungsverfahrens von Bedeutung sowie für die Auswahl konkreter Vorgehensweisen unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten.

Zur Bewertung der ermittelten Ortsdosisleistungen ist es wichtig, die Randbedingungen festzuhalten, unter denen diese ermittelt wurden. Es sollte möglichst die Hauptquelle genannt werden (z. B. Rohrleitung xx, Armatur yy, Ablagerung im Sumpf zz etc.) sowie der Betriebszustand (z. B. Abwasserverdampfer in Betrieb, Beschleuniger eingeschaltet, etc.). Bei Ortsdosisleistungen, die im Rahmen von Instandhaltungsmaßnahmen ermittelt werden, sind insbesondere die Werte für die Arbeitsbereiche des Personals für die spätere Planung von Bedeutung. Dabei sollte auch dokumentiert werden, ob ggf. Abschirmmaßnahmen zur Reduzierung der Ortsdosisleistung am Arbeitsplatz geführt haben.

Sofern relevant, sind auch die Strahlenarten, welche die Ortsdosisleistung bestimmen, anzugeben und die Ortsdosisleistung nach diesen Strahlenarten aufzuschlüs-

seln. In den meisten Fällen wird Gammastrahlung die alleinige oder zumindest dominierende Strahlungsart sein. Es kann aber auch Bereiche geben, in denen Betastrahlung oder Neutronenstrahlung maßgebliche Beiträge zur Ortsdosisleistung liefern. Dies kann z. B. in Bereichen der Abfallsammlung bzw. -lagerung der Fall sein oder in Verbindung mit Neutronenquellen in Forschungseinrichtungen.

Für die spätere Verwendung der Ortsdosisleistungsdaten ist es erfahrungsgemäß hilfreich, wenn die Werte in Zeichnungen oder Fotos eingetragen werden, weil dadurch die Anschaulichkeit verbessert wird.

Die Verteilung der Kontamination in den Räumen der stillzulegenden Anlage sowie an den äußeren und inneren Oberflächen der Systemkomponenten hat Bedeutung für die generelle Rückbauplanung, die Strahlenschutz-Detailplanung und die Entsorgung von Reststoffen und Abfällen. Für das generelle Stilllegungskonzept ist von Bedeutung, ob sich wesentliche Vorteile ergeben, wenn die Anlage vor dem Rückbau der kontaminierten oder aktivierten Bereiche in einen sicheren Einschluss geht, während dessen die Aktivität abklingen kann. Dazu muss neben der Aktivitätshöhe auch deren Zusammensetzung bekannt sein, weil diese das Abklingverhalten bestimmt, aber auch die Möglichkeiten der messtechnischen Überwachung und des materiellen Aufwandes beim Rückbau. Insofern ist die Kenntnis von der Zusammensetzung der Aktivität auch zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit einer Planungsvariante von Bedeutung. Wichtig ist die Kenntnis der Kontaminationsverteilung auch für die Entscheidung, ob eine Systemdekontamination zu Beginn der einzelnen Stilllegungstätigkeiten angemessen ist.

Im Hinblick auf die Rückbaudetailplanung beeinflusst die Kontamination in den einzelnen Raum- und Systembereichen den Umfang der Schutzmaßnahmen für das Personal bei den Arbeiten und die Auswahl der technischen Hilfsmittel. Um das mögliche Freisetzungsverhalten der Kontamination bei den Arbeiten (z. B. bei der Anwendung von Trenntechniken) abschätzen zu können, sind Informationen zur Art der Kontamination, z. B. festhaftend, locker staubförmig oder feucht abwischbar, hilfreich. Die nuklidspezifische Zusammensetzung, insbesondere das Vorhandensein radiologisch bedeutsamer Nuklide wie Alphastrahler, ist für die Planung und Auslegung Lüftungstechnischer Maßnahmen von Bedeutung.

Im Hinblick auf die Entsorgung radioaktiver Abfälle sind neben der Aktivitätshöhe insbesondere die Radionuklide von Bedeutung, welche für die Auslegung des Endlagers und ggf. der Zwischenlager relevant sind und daher gemäß den Annahmebedingungen deklariert werden müssen. Diese Deklarationen werden erleichtert, wenn Messwerte der Aktivitätszusammensetzung aus der Betriebsphase vorliegen. Dadurch können u. a. kostenintensive Nachkontrollen, insbesondere in Form von aufwendigen Alpha- und Betaanalysen vermieden werden.

Für die Freigabe geringfügig kontaminierter Stoffe ist hauptsächlich die nuklidspezifische Aktivitätszusammensetzung von Bedeutung. Hierbei sind möglichst realistische Messwerte hilfreich, die eine hinreichend konservative Beschreibung der Nuklidzusammensetzung ermöglichen, ohne diese unnötig stark zu überschätzen. Die Höhe der Kontamination ist insofern interessant, als abgeschätzt werden muss, ob eine Dekontamination bis unter die Freigabewerte technisch möglich und wirtschaftlich zweckmäßig ist.

Zuvor ist allerdings festzulegen, ob zu entsorgende Stoffe überhaupt in das Freigabeverfahren eingebunden werden müssen, da dies nur dann erforderlich ist, wenn an oder in ihnen Radioaktivität aus dem genehmigungspflichtigen Umgang vorhanden ist.

Vor diesem Hintergrund ist es wichtig, möglichst vollständige Informationen darüber zu besitzen, an welchen Orten und zu welchen Zeiten mit welchen radioaktiven Stoffen umgegangen wurde. Deshalb sollten die Art des radioaktiven Stoffes, die Höhe seiner Aktivität, seine chemische Form und die Art des Umgangs dokumentiert werden. Dies ist insbesondere in Forschungseinrichtungen relevant, weil dort erfahrungsgemäß die Art der radioaktiven Stoffe wie auch die damit umgehenden Personen häufiger wechseln. Aber auch bei kerntechnischen Einrichtungen können im Laufe des Betriebs durch temporäre Kontrollbereiche oder wechselnde Transportwege für radioaktive Stoffe Kontaminationen in Bereichen aufgetreten sein, die ansonsten als nicht kontaminiert eingestuft sind.

Die Dokumentation sollte auf jeden Fall auch die Ergebnisse der routinemäßigen Kontaminationskontrollen sowie aller Sondermessungen im Zusammenhang mit besonderen Instandhaltungsmaßnahmen umfassen.

Zu dokumentieren sind auch die Kontaminationen, die ungeplant im Zuge von Betriebsstörungen oder anderen besonderen Ereignissen auftreten und sich auf Raum- oder Systembereiche erstrecken, die normalerweise nicht kontaminiert sind. Dazu gehören z. B. fehlerhafte Betriebsweisen, infolge derer Aktivität in ansonsten aktivitätsfreie Systembereiche verbracht wird, oder Leckagen aus aktivitätsführenden Systemen, welche in Baustrukturen eindringen, die nachfolgend neu beschichtet werden. Solche vom normalen Betriebsablauf abweichenden Ereignisse geraten, falls sie nicht dokumentiert wurden, leicht in Vergessenheit, wenn die beteiligten Personen später nicht mehr zur Verfügung stehen.

Eine vollständige Dokumentation, möglichst gestützt durch Planzeichnungen oder Bilddokumente, erleichtert auch die Argumentation beim Nachweis, dass einige Bereiche nicht kontaminiert sein können und somit nicht dem Freigabeverfahren zu unterziehen sind.

Die Verteilung aktivierter Materialien in der stillzulegenden Anlage ist in der Regel räumlich deutlich stärker eingegrenzt als die Verteilung der Kontamination. Eine Aktivierung erfolgt fast ausschließlich durch Neutronen. Ausnahmen sind praktisch nur bei großen Beschleunigeranlagen relevant. Deshalb können die Raumbereiche, in denen Aktivierung eine Rolle spielt, relativ gut eingegrenzt werden. Messwerte, welche die Höhe der Aktivierung und deren räumliche Verteilung angeben, gehören insbesondere mit Blick auf die Abfall- und Reststoffentsorgung in die Betriebsdokumentation. Hierbei ist es hilfreich, wenn aufgrund der Daten abgeschätzt werden kann, in welchem Umkreis der aktivierenden Quelle die Aktivität durch Aktivierung so relevant ist, dass sie nicht vernachlässigt werden kann.

Auch mit Bezug auf die Aktivierung sind besondere Ereignisse, die zu Aktivierungen in unerwarteten Bereichen geführt haben, zu dokumentieren (z. B. die Aktivierung einer Abschirmwand eines Beschleunigers aufgrund einer fehlerhaften Strahlführung). Auch der Ausbau aktivierter Teile und deren Lagerung gehören zu den zu dokumentierenden Daten. Sofern die Aktivierungsaktivität nicht durch nuklidspezifische



Vollanalysen bestimmt wurde, kann auf kostenaufwändige Nachuntersuchungen verzichtet werden, wenn die Teilchenflüsse mit ihrer spektralen Verteilung und die Materialzusammensetzungen bekannt sind. Gestützt durch einfach durchzuführende nuklidspezifische Gammamessungen können dann die nicht gammastrahlenden Nuklide häufig hinreichend genau abgeschätzt werden.

### **3.2 Bauliche Charakterisierung, Materialzusammensetzung und Massenverteilung**

Baupläne aus der Zeit der Errichtung der Anlage sowie Zeichnungen über bauliche Änderungsmaßnahmen, Raumbezeichnungen und die dazugehörige Nutzungshistorie sollten bereits während der Betriebszeit gepflegt werden. Wenn möglich sollten diese Daten auch in eine elektronische Form gebracht werden, um bestimmte Informationen wie z. B. Maße und Materialzusammensetzung direkt abrufen und beliebig weiterverarbeiten zu können.

Informationen zur Materialzusammensetzung haben außerdem Bedeutung für die Ermittlung möglicher radioaktiver Aktivierungsprodukte und für die Identifizierung von Schadstoffen, die beim Rückbau oder bei der Abfall- und Reststoffentsorgung beachtet werden müssen. In Bezug auf die Aktivierung sind besonders die Elemente von Belang, die leicht zu aktivieren sind und deren Aktivierungsprodukte nicht leicht über eine Gammaanalyse bestimmt werden können. Dazu gehören z. B. Eisen und Nickel. Bei Kernkraftwerken und Forschungsreaktoren sind diese Informationen insbesondere im Bereich des Reaktorkerns und in seiner unmittelbaren Umgebung von Bedeutung. Bei Beschleunigeranlagen sind es die Materialien, die im Strahlbereich liegen, z. B. Umlenkmagnete, Blenden, Strahlrohre, Strahlfänger und die umgebenden Abschirmungen.

Beim Rückbau von Anlagenteilen müssen die in den Materialien enthaltenen Schadstoffe beachtet werden, weil diese besondere Schutzmaßnahmen bei den Arbeiten erfordern können. So sind z. B. beim Rückbau asbesthaltiger Materialien besondere Einhausungen erforderlich, welche die Ausbreitung der Asbestfasern verhindern, und das Personal ist durch Atemschutzmittel zu schützen. Ein anderes Beispiel sind Schadstoffe, die bei Trennverfahren freigesetzt werden können.

Diese Schutzmaßnahmen sind zusätzlich zu denen vorzunehmen, die aufgrund der Radioaktivität des Materials zu ergreifen sind.

Konventionelle Schadstoffe sind auch für die Abfallentsorgung von Bedeutung, da ihre Konzentration in den Abfällen entsprechend den jeweiligen Annahmebedingungen der Entsorgungseinrichtungen begrenzt sein kann. Da konkrete Vorgaben des Endlagers noch nicht vorliegen, empfiehlt es sich, möglichst umfassend alle schadstoffhaltigen Materialien und deren Mengen in die Dokumentation aufzunehmen (Anhaltspunkte dafür gibt es in der wasserrechtlichen Erlaubnis für den Schacht Konrad). Dies ist insbesondere für Anlagen der chemischen Industrie und für Forschungsanlagen von Bedeutung, in denen wegen der breiten Palette möglicher Arbeitsfelder Abfälle mit sehr unterschiedlichen Schadstoffgehalten anfallen können. Zusätzlich ist die differenzierte Erfassung der Materialien für die Planung und Bewertung des Brandschutzes relevant.

Die Abschätzung der Gesamtmassen, die bei der Stilllegung einer Anlage als radioaktive Reststoffe oder Abfälle anfallen, ist durch die Strahlenschutzverordnung vorgeschrieben (§ 72) /4/. Eine entsprechende Dokumentation ist deshalb hilfreich bei der Erstellung der Antragsunterlagen. Außerdem ist die Kenntnis der rückzubauenden Massen für die Zeitplanung und die Kostenkalkulation des Rückbaus von Bedeutung. Insbesondere erleichtert sie auch die Brandschutzplanung und die Angabe der Brandlasten und deren Verteilung in der Anlage.

### **3.3 Arbeitsverfahren und –abläufe**

Für dosisintensive Tätigkeiten sind die strahlenschutzrelevanten Daten gemäß der BMU-Richtlinie zur Strahlenschutzvorsorge im Betrieb und bei der Stilllegung (IWRS-II) /3/ ohnehin zu dokumentieren. Diese Dokumentation sollte mit Blick auf die spätere Stilllegung auch unterhalb der in der Richtlinie genannten Dosischwelle geführt werden. Sie kann für die späteren Stilllegungsarbeiten eine wertvolle Hilfe sein, wenn entsprechende oder ähnliche Arbeiten gemäß der Richtlinie vorbereitet werden müssen und die Strahlenschutzvorsorge im Aufsichtsverfahren nachgewiesen werden muss. Abgesehen davon sind Erfahrungswerte zu Strahlenexpositionen wesentlich, um den Strahlenschutz für die Stilllegungsarbeiten insgesamt zu optimieren. Dies gilt insbesondere dann, wenn durch die Aufzeichnungen die Entscheidung für eine bestimmte Vorgehensweise unter mehreren möglichen Varianten erleichtert wird.

Für den reibungslosen und damit sowohl strahlenschutzoptimierten wie kostenoptimierten Arbeitsablauf ist es wichtig, geeignete Hilfsmittel bereitzustellen und das günstigste Arbeitsverfahren zu wählen. Die Entscheidung hängt in der Regel sowohl von den radiologischen Randbedingungen wie von den räumlichen Gegebenheiten ab. So kann es z. B. zweckmäßig sein, in sehr beengten räumlichen Verhältnissen andere Trennverfahren einzusetzen als in Bereichen, in denen genügend Platz für Abstand gebende Hilfsmittel besteht. Hilfsmittel und Vorgehensweisen, die sich in der Betriebspraxis in solchen Bereichen bewährt haben, sollten für den Rückbau dokumentiert werden. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Dokumentation durch anschauliche Elemente (z. B. Fotos, Videoclips etc.) ergänzt wird.

### **3.4 Konditionierung von Abfällen**

Radioaktive Abfälle müssen in einen lagerfähigen Zustand gebracht werden, d.h., sie werden für diese Lagerung konditioniert. Da zurzeit kein annahmefähiges Endlager zur Verfügung steht, zielt diese Konditionierung nicht in jedem Fall auf ein endlagerfähiges Produkt. Es werden auch für eine Zwischenlagerung geeignete Abfälle erzeugt, die als Zwischenstufe auf dem Weg zu einem endlagerfähigen Produkt angesehen werden können. Ziel jeder Abfallbehandlung ist es jedoch, ein endlagerfähiges Produkt herzustellen, wobei man sich zurzeit an den Endlagerbedingungen des Schachts Konrad orientiert. Diese stellen Anforderungen an die Produktqualität, welche über die rein radiologischen Randbedingungen (Kap. 3.1) und die Anforderungen bezüglich der Schadstoffbelastung (Kap. 3.2) hinausgehen. Solche zusätzlichen Anforderungen sind z. B. Begrenzung der freien Flüssigkeiten, Begrenzung der Gasbildungsrate und Anforderungen an die Stabilität der Gebinde. Außerdem sind die Auflagen aus der wasserrechtlichen Erlaubnis für den Schacht Konrad zu beachten.

Diese Daten sind zu dokumentieren und in den Nachweis zur Produktqualität aufzunehmen (Abfallgebinde-Dokumentation). Sollten die Abfälle an ein Zwischenlager oder an eine Landessammelstelle abgeliefert werden müssen, können evtl. zusätzliche Angaben zu den Abfällen erforderlich werden. Es ist daher empfehlenswert, alle verfügbaren Daten zu den Abfällen, welche die Abfalleigenschaften und die Art der Konditionierung betreffen, aufzuzeichnen. Sollten noch Altabfälle vorhanden sein, für die die Datenlage unvollständig ist, sollten so früh wie möglich noch während der Betriebsphase alle verfügbaren Daten zusammengestellt und die Mitarbeiter befragt werden, die über Kenntnisse zur Herkunft und Art der Abfälle verfügen.

Im Hinblick auf den Nachweis der Produktqualität sind folgende Dokumentationsunterlagen von Bedeutung (ohne radiologische Messungen):

- Ablaufpläne für die zugehörige Konditionierungskampagne inkl. Stellungnahmen und Behördenfreigaben
- Beschreibung der Abfallkampagnen
- Dokumentation der Abfallmengen und Abfallflüsse
- Auswertung nicht radiologischer Abfalldaten (Gasbildung, Feuchte, etc.)
- Ver- und Entplombungslisten
- Dokumentation der Abfallbehälter
- Unterlagen zum Abfalltransport

### **3.5 Auswirkungen auf Bevölkerung und Umwelt**

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens sind die Auswirkungen des Stilllegungsvorhabens auf die Bevölkerung und die Umwelt darzulegen und zu bewerten und im Zuge der späteren Stilllegung ist die Umgebungsüberwachung aus der Betriebsphase an die Stilllegungsphase anzupassen. Die Nachweise im Genehmigungsverfahren betreffen den ungestörten Stilllegungsbetrieb sowie den Betrieb bei Störungen und die Auswirkungen nach Störfällen.

Für den Nachweis einer ausreichenden Vorsorge im Hinblick auf die Begrenzung der Auswirkungen auf Bevölkerung und Umwelt werden standortspezifische Daten benötigt, die auch schon für den Betrieb relevant sein konnten und deshalb zur Verfügung gestellt werden können. Dazu gehören Bevölkerungsdaten, Wetterdaten, Einflussfaktoren, die für Störfallbetrachtungen relevant sein können, Umweltbelastungen durch benachbarte, andere Anlagen etc.

Wenn diese Daten bereits während des Betriebes aufbereitet und dokumentiert werden, erleichtert das die Erstellung der Antragsunterlagen und die entsprechenden Nachweise im Hinblick auf die Umgebungsbelastung während der normalen Stilllegungsarbeiten und bei Störfällen.

Die Daten der während des Betriebs gewonnenen Umgebungsüberwachungsprogramme sind wesentlich für die Ermittlung der Vorbelastung in der Umgebung der stillzulegenden Anlage. Das Umgebungsüberwachungsprogramm selbst kann als Basis für die Umgebungsüberwachung während der Stilllegung dienen. Die anfallenden Daten – Art und Umfang der Umgebungsüberwachung, Aufstellung der Messgeräte und Messergebnisse – gehören deshalb in den Teil der Betriebsdokumentation, der auch für die Stilllegung Bedeutung hat.

Teil der Dokumentation sollten auch die Belastungen sein, die nicht anlagenbedingt sind, sondern durch externe Einflüsse verursacht wurden. Beispiele dafür sind die Aktivitätsablagerungen auf den Bodenflächen infolge der Reaktorkatastrophe in Tschernobyl und durch den Kernwaffenfallout. Für die spätere Freigabe von Bodenflächen sind in diesem Zusammenhang Daten zur Tiefenverteilung der Aktivität im Boden hilfreich. Dies gilt insbesondere für die Nuklide, die sowohl extern als auch anlagenbedingt verursacht sein können (z. B. Cs-137 oder Sr-90).

### **3.6 Formale Anforderungen**

Im Genehmigungsverfahren gibt es für die Darstellung der Antragsunterlagen, im Aufsichtsverfahren für Berichte, Meldungen und Darstellung von Überwachungsergebnissen vielfältige formale Anforderungen, deren Erfüllung durch Vorlagen aus der Betriebsphase erleichtert und kostengünstiger gestaltet werden kann. Es ist deshalb zweckmäßig, diese in die Dokumentation zu übernehmen, wenn sie bei der Erstellung des Stilllegungsantrages und des Stilllegungsbetriebes dienlich sein können. Dies ist besonders dann von Bedeutung, wenn kein gleitender Übergang vom Betrieb in den Rückbau geplant ist, sondern ein längerer sicherer Einschluss der Anlage vorgesehen wird.

Von Relevanz für die Stilllegung können folgende formale Vorlagen sein:

- Formblätter für Messprotokolle (Messrundgänge, Labormessungen etc.)
- Vorlagen für Monats- und Jahresberichte
- Formblätter für Radioaktivtransporte/Schleusungen (z. B. Schleusbücher)
- Formblätter für die Dosimetrie (ggf. EDV-gestützte Programme)
- Formblätter im Zusammenhang mit der Abfallproduktkontrolle
- EDV-gestützte Abfalldatenbank
- Formblätter für Meldungen an die Behörde (z. B. Abgabe radioaktiver Stoffe, meldepflichtige Ereignisse etc.)

In der praktischen Umsetzung kann es erfahrungsgemäß hilfreich sein, die Daten raumbezogen in einem sog. Raumbuch oder systembezogen zusammenzustellen.

Bei EDV-gestützten Vorlagen ist darauf zu achten, dass die Lesbarkeit über den erforderlichen Zeitraum erhalten bleibt. Bei Bedarf sollten Umspeicherungen auf neue Betriebssysteme oder neue Datenträger vorgenommen werden.

## **4. Empfehlungen zur Dokumentationsart**

Um effektiv genutzt werden zu können, muss eine Dokumentation die folgenden Anforderungen erfüllen:

- Die Daten müssen sicher und haltbar aufbewahrt werden, so dass sie für die Stilllegung unverändert und lesbar zur Verfügung stehen.
- Die Dokumentation sollte übersichtlich strukturiert sein, so dass klar ist, was dokumentiert ist und wo dies zu finden ist.

- Die Dokumentation sollte möglichst anschaulich sein, so dass eine Fehldeutung von Daten vermieden wird.
- Die Art der Dokumentation sollte einen möglichst schnellen Zugriff auf die Daten ermöglichen.

Bezüglich der Datensicherheit ist nach den bisherigen Erfahrungen die Papierform für die Dokumentation am besten geeignet. Alternative Methoden sind die Mikroverfilmung oder die Speicherung auf elektronischen Medien.

Hinsichtlich der Datenstrukturierung können alle Speichermedien so gestaltet werden, dass ein sicheres Auffinden der Daten gegeben ist. Der Datenzugriff ist allerdings am schnellsten bei elektronischer Speicherung möglich.

Zur Anschaulichkeit tragen Bilddarstellungen oder Filme bei, wenn die räumliche Vorstellung unterstützt oder der Verlauf von Handlungen dokumentiert werden soll. So können z. B. Planzeichnungen verwendet werden, in die Grenzen von Strahlenschutzbereichen, Ortsdosisleistungswerte, Kontaminationszonen oder Probenahmeorte eingezeichnet sind. Die Anordnung von Abschirmungen bei Instandhaltungsarbeiten kann mit Fotos veranschaulicht werden und der Arbeitsverlauf kann bei Bedarf über Filmsequenzen festgehalten werden.

Solche Visualisierungen, die der Optimierung der Arbeitsvorbereitung und der Durchführung bei späteren Stilllegungsarbeiten dienen, können optimal in elektronischen Medien gespeichert und somit in andere Dokumentationen eingebaut werden.

Um sicher zu stellen, dass alle erforderlichen Dokumente zur Stilllegung zur Verfügung stehen, sollten sie als stilllegungsrelevant gekennzeichnet werden. Sofern ein Dokumentationshandbuch existiert, sollte dies hierin entsprechend geregelt werden.

Zusammenfassend gesehen erscheint es zweckmäßig, die primäre Dokumentation (z. B. Protokollformulare, Schreiberstreifen, Planzeichnungen) in Papierform zu archivieren. Darüber hinaus sollte geprüft werden, in welchen Bereichen es vorteilhaft ist, Teile dieser Basisdokumentation zusätzlich in elektronischer Form zu speichern und mit Bild- und Filmdokumenten zu einer multimedialen Dokumentationseinheit zu ergänzen, die einen schnellen und anschaulichen Zugriff für die Planung und Arbeitsvorbereitung erlaubt. Diese EDV-gestützte Dokumentation sollte so variabel gestaltet werden, dass sie fortgeschrieben und an die spätere Rückbausituation angepasst werden kann.

## **5. Ausblick**

Die vorliegende Empfehlung zur stilllegungsrelevanten Betriebsdokumentation fasst die Erfahrungen aus der Stilllegung unterschiedlicher Anlagen zusammen. Sie erhebt nicht den Anspruch, endgültig und in jeder Hinsicht vollständig zu sein, sie spiegelt den aktuellen Kenntnisstand von Fachleuten aus dem Fachverband für Strahlenschutz wider. Sofern wichtige neue Erkenntnisse hinzukommen, ist eine Fortschreibung dieser Empfehlung vorgesehen.

Die vorliegende Zusammenstellung soll eine Hilfe für die spätere Stilllegung sein, sie ist nicht bindend. Gleichwohl wäre es wünschenswert, im Hinblick auf die Stilllegung

großer kerntechnischer Anlagen einige zentrale Punkte in die für diese Anlagen geltenden Regelwerke zu übernehmen.

## 6. Literatur

- /1/ Leitfaden zur Stilllegung von Anlagen nach § 7 Atomgesetz des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit vom 14.06.1996  
(siehe auch Reaktorsicherheitshandbuch Kap. 3.73)
- /2/ Kerntechnischer Ausschuss  
„Dokumentation beim Bau und Betrieb von Kernkraftwerken“  
Sicherheitstechnische Regel des KTA 1404 in der Fassung 06/01
- /3/ Richtlinie für den Strahlenschutz des Personals bei Tätigkeiten der Instandhaltung, Änderung, Entsorgung und des Abbaus in kerntechnischen Anlagen und Einrichtungen,  
Teil 2: Die Strahlenschutzmaßnahmen während des Betriebs und der Stilllegung einer Anlage oder Einrichtung (IWRS II), Stand: 10.12.2004,  
Rundschreiben des BMU vom 17.01.2005, RS II 3 - 15506/1  
(siehe auch Reaktorsicherheitshandbuch Kap. 3.43.1)
- /4/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung)  
in der Fassung der Bekanntmachung vom 20.07.2001 (BGBl. I, S. 1714),  
zuletzt geändert am 01.09.2005 (BGBl. I, S. 2618)

## Anhang: Auflistung der zu dokumentierenden Daten

Die folgende Liste enthält eine Zusammenstellung aller Betriebsdaten, die für die Stilllegung einer Anlage relevant sein können. Die Daten sind nach Sachgebieten geordnet. In der letzten Spalte ist angegeben, für welchen Zielbereich die Daten relevant sein können:

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| A – Arbeitsschutz          | B – Brandschutz           |
| E – Entsorgung             | F – Formale Anforderungen |
| G – Genehmigung            | S – Strahlenschutz        |
| U – Bevölkerung und Umwelt |                           |

Betriebsdaten		Zielbereiche							
		A	B	E	F	G	S	U	
Radiologische Messwerte	ODL-Messungen*	Routinemessungen in begehbaren Bereichen					X	X	
		Messungen an Komponenten			X			X	
		Messungen in Arbeitsbereichen					X	X	
		Messungen in der Umwelt					X		X
		Messungen an Abfällen und Reststoffen			X			X	
		Messungen an Grenzen von Strahlenschutzbereichen						X	X
	Kontaminationsmessungen*	Routinemessungen in der Anlage					X	X	
		Messwerte an Komponenten			X			X	
		Messungen an Arbeitsplätzen			X			X	
		Messungen an Abfällen und Reststoffen			X			X	
		Messungen außerhalb des Kontrollbereichs			X			X	X
		Messungen an Grenzen von Strahlenschutzbereichen					X	X	X
		Kontaminationsverschleppungen			X			X	
	Aktivitätsermittlung**	Messungen der Raumluftüberwachung im Betrieb			X			X	
		Messungen der Raumluftüberwachung bei Arbeiten			X			X	
		Messungen in Betriebsmedien			X		X	X	
		Analyse von Materialproben			X				
		Messungen an radioaktiven Abfällen			X				
		Messungen an Systemkomponenten			X		X	X	
		Messungen an potentiell aktivierten Anlagenteilen			X				
Beschreibung der Verfahren zur Aktivitätsberechnung an radioaktiven Abfällen oder freizugebenden Stoffen				X					
Beschreibung des Verfahrens zur Definition von Nuklidvektoren oder von Nuklidverteilungen				X					
Definierte Nuklidvektoren inkl. Anwendungsbereiche				X					
Ermittlung der Gesamtaktivität in Abfällen/Reststoffen			X						

Betriebsdaten		Zielbereiche						
		A	B	E	F	G	S	U
Bauliche Bestandsaufnahmen, Erfassung von Materialien und Werkstoffdaten	Materialmassen von Anlagenkomponenten		X			X		
	Materialzusammensetzung (Aktivierungsbereiche)	X	X			X		
	Verwendete konventionelle Schadstoffe (was und wo)	X	X	X			X	
	Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen (welche, wo)			X		X	X	
	Errichtungsdokumentation (Gründung, Baupläne, ggf. Bewehrungspläne, Bauwerksabdichtungen)			X		X		
	Bauliche Änderungen während des Betriebs		X	X				
	Zeitweise erstellte und nachfolgend wieder verschlossene Wanddurchbrüche und Montageöffnungen		X	X			X	
	Aufbewahrung von Werkstoff- und Materialproben (soweit z.B. für Aktivierungsrechnungen relevant)			X				
	Zu- und Abgang radioaktiver Stoffe (ohne Abfälle)			X			X	
Betriebsabläufe und Instandhaltung	Anomale Betriebsweisen, infolge derer besondere Aktivitätsflüsse auftraten			X			X	
	Betriebsstörungen (Leckagen, Aufzeichnungen aus Schichtbüchern oder Störungsmeldebüchern)			X				X
	Arbeitsabläufe (Schrittfolgepläne, Arbeitsablaufpläne, Videoaufzeichnungen, Fotos)	X					X	
	Bewährte Hilfseinrichtungen bei Arbeiten (Foto, Video)	X					X	
	Ermittelte Strahlenexpositionen bei Arbeiten					X	X	
	Personalbedarf bei Arbeiten	X	X			X	X	
	Abschirmungen an Arbeitsplätzen						X	
	Änderungen an betrieblichen Einrichtungen			X			X	
Betriebsweisen mit Relevanz für Aktivierung			X					
Physikalische StrI Sch-Kontrolle	Erfahrungen mit der Dosisüberwachung am Arbeitsplatz (z. B. Einsatz von Funkdosimetern)	X					X	
	Personenkontamination (Quelle, Schutzmaßnahmen)						X	
	Erfahrungen mit dem eingesetzten Dosimetriesystem						X	
	Inkorporationen (Quelle, Nuklid, Maßnahmen)						X	
Umgebungsüberwachung	Lage und Ausrüstung von Messhäusern					X	X	
	Lage der Probenahmeorte					X	X	
	Messergebnisse					X	X	
	Erfahrungen mit Wetterklassen					X	X	
	Ableitungen mit Luft und Wasser					X	X	
	Verwendete Daten für radiologische Nachweise					X	X	



Betriebsdaten		Zielbereiche						
		A	B	E	F	G	S	U
Radioaktive Abfälle	Ablaufpläne			X				
	Kampagnenanmeldung			X				
	Kampagnenfreigabe mit zugehörigen Schreiben			X				
	Beschreibung der Konditionierung gemäß Ablaufplan			X				
	Verfolgung der Abfallmengen und -flüsse (Fließbilder)			X				
	Betriebsdatenerfassung			X				
	Trocknungsprotokolle			X				
	Beschreibung aufgetretener Abweichungen sowie Besonderheiten bei der Konditionierung			X				
	Beschreibung des Status der Gesamtkampagne			X				
	Inspektionsberichte zu begleitenden Kontrollen			X				
	Gasanalysen und Bestimmung der Gasbildungsrate			X				
	Feuchtemessung			X				
	Produktanalysen (z. B. Schmitt-Hammertest)			X				
	Ermittlung der einzuhaltenden Garantiewerte			X				
	Überprüfung der Störfallsummenwerte			X				
	Nachweis der Einhaltung der Endlagerbedingungen			X				
	Entplombungsprotokolle bei Anlieferung der Rohabfälle			X				
	Verplombungsprotokolle nach Gebindeverschluss			X				
	Herstellerdokumentation für Abfallbehälter			X				
	Beförderungspapiere/Übernahmeprotokolle bei Transporten			X				
Beladelisten/Fasslisten bei Transporten			X					
Formale Aspekte	Protokolle für Messungen				X			
	Formblätter für Meldungen				X			
	Formatvorlagen für Berichte				X			
	Abfalldatenblätter			X	X			
	Ablaufpläne, Schrittfolgepläne			X	X			
	Freigabeablaufpläne, Freigabepläne			X	X			
	EDV-Datenbank für Abfälle			X	X			
	EDV-Datenbank für die Dosimetrie			X				

\* unter Angabe von Ort, Zeit und Randbedingungen

\*\* unter Angabe des Messverfahrens und des Messziels