



Bundesamt für Strahlenschutz

Deckblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd.Nr.	Rev.	Seite: I
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	25100000	MAL	RA	0001	00	

B 144 3028

Titel der Unterlage:

SCHACHTANLAGE ASSE II

ZWISCHENBERICHT ZUR ÜBERPRÜFUNG DES ABFALLINVENTARS

2. EINZELBEAUFTRAGUNG: ÜBERPRÜFUNG DES PROGRAMMS ZUR AKTUALISIERUNG DES ASSE-INVENTARS (PAI)

Ersteller:

TÜV SÜD INDUSTRIE SERVICE GMBH

Stempelfeld:

Freigabe durch bergrechtlich verantwortliche Person:

Datum und Unterschrift

Freigabe durch atomrechtlich verantwortliche Person:

Datum und Unterschrift

Freigabe im Projekt/Betrieb:

Datum und Unterschrift

Diese Unterlage unterliegt samt Inhalt dem Schutz des Urheberrechts sowie der Pflicht zur vertraulichen Behandlung auch bei Beförderung und Vernichtung und darf vom Empfänger nur auftragsbezogen genutzt, vervielfältigt und Dritten zugänglich gemacht werden. Eine andere Verwendung und Weitergabe bedarf der ausdrücklichen Zustimmung des BfS.



Bundesamt für Strahlenschutz

Revisionsblatt

Projekt	PSP-Element	Aufgabe	UA	Lfd. Nr.	Rev.	Seite: II
NAAN	NNNNNNNNNN	AAAA	AA	NNNN	NN	
9A	25100000	MAL	RA	0001	00	Stand: 01.02.2011

Titel der Unterlage:

SCHACHTANLAGE ASSE II
ZWISCHENBERICHT ZUR ÜBERPRÜFUNG DES ABFALLINVENTARS
2. EINZELBEAUFTRAGUNG: ÜBERPRÜFUNG DES PROGRAMMS ZUR AKTUALISIERUNG DES
ASSE-INVENTARS (PAI)

Rev.	Rev.-Stand Datum	UVST	Prüfer (Zeichn.)	Rev. Seite	Kat. (*)	Erläuterung der Revision

*) Kategorie R = redaktionelle Korrektur
Kategorie V = verdeutlichende Verbesserung
Kategorie S = substantielle Revision
mindestens bei der Kategorie S müssen Erläuterungen angegeben werden



Industrie Service

Schachtanlage Asse II

Zwischenbericht

zur Überprüfung des Abfallinventars

2. Einzelbeauftragung: Überprüfung des Programms zur Aktualisierung des Asse-Inventars (PAI)

Bericht ETS4-54/2010

Februar 2011

Erstellt im Auftrag des
Bundesamtes für Strahlenschutz
von der TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Energie und Technologie



Inhaltsverzeichnis:

	Abkürzungsverzeichnis	
1	Einleitung	5
2	Beschreibung des Programms PAI	7
3	Durchgeführte Prüfungen und Prüfumfang	10
3.1	Verwendung der Primärdaten.....	12
3.2	Verwendung der ISS-Daten.....	18
3.3	Umsetzung der Rechenalgorithmen im PAI.....	22
3.3.1	Berechnungsroutine für die Abfälle des GfK/FZK.....	27
3.3.2	Berechnungsroutine für Abfälle aus den Kernkraftwerken (KKW)	34
3.3.3	Berechnungsroutine für die Bestimmung der Uranaktivitäten.....	36
3.3.4	Berechnungsroutine für die Bestimmung der Plutoniumaktivitäten.....	39
3.3.5	Berechnungsroutine für die Bestimmung der Radiumaktivitäten	39
3.3.6	Berechnungsroutine für die Bestimmung der Thoriumaktivitäten	40
3.3.7	Berechnungsroutine für die Einzelnuclidaktivitäten	43
3.4	Plausibilität von manuell zugewiesenen Werten bzw. Berechnungen	45
3.4.1	Chargen mit manuell zugewiesenen Werten	47
3.4.2	Chargen ohne Berechnungsroutinen.....	53
3.5	Berechnung des Aktivitätsinventars auf einen Stichtag	55
3.6	Ausgabe der berechneten Daten.....	57
3.7	Änderungen im PAI (ASSEKAT Version 9.2).....	58
4	Zusammenfassung	62
5	Verwendete Unterlagen	64
6	Empfehlungen	65



Abkürzungsverzeichnis

AB	Amersham-Buchler
AEG	Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft
AEG-FSR	Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Fachgebiet Schnelle Reaktoren in Großwelzheim
AEG-GWhm	Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Kernenergieversuchs- anlage in Großwelzheim
Asse	Schachtanlage Asse II
BfS	Bundesamt für Strahlenschutz
BW	Bundeswehr
DWR	Druckwasserreaktor
ESK	Entsorgungskommission
FRM	Forschungsreaktor München
FZK	Forschungszentrum Karlsruhe
GfK	Gesellschaft für Kernforschung mbH, Karlsruhe, später: Kernforschungszentrum Karlsruhe, dann: Forschungs- zentrum Karlsruhe, heute: Karlsruher Institut für Technologie KIT
GKSS	Gesellschaft für Kernenergieverwertung in Schiffbau und Schifffahrt, Geesthacht
GNS	Gesellschaft für Nuklearservice, Essen
GNT	Gesellschaft für Nukleartransport, heute: Gesellschaft für Nuklearservice, Essen
GSF	Gesellschaft für Strahlenforschung, später: Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung – Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit GmbH, Neuherberg, heute: Helm- holtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt GmbH, Neuherberg
GSF-Nhg	GSF Neuherberg
GSF-Han	GSF Hannover
GWhm	Großwelzheim
HMI	Hahn-Meitner-Institut für Kernforschung, Berlin, heute: Helmholtz Zentrum Berlin
HMGU	Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungs- zentrum für Gesundheit und Umwelt, München (Neuherberg)
ISS	Institut für Strahlenschutz der GSF bzw. HMGU



KBS	Kernbrennstoff
KFA	Forschungszentrum Jülich (FZJ)
KfK	Kernforschungszentrum Karlsruhe, später Forschungszentrum Karlsruhe, heute: Karlsruher Institut für Technologie KIT
KIT	Karlsruher Institut für Technologie KIT
KKB	Kernkraftwerk Brunsbüttel
KKS	Kernkraftwerk Stade
KKU	Kernkraftwerk Unterweser
KRB	Kernkraftwerk Gundremmingen
KRT	Kernreaktorteile
KKW	Kernkraftwerk
KWL	Kernkraftwerk Lingen
KWO	Kernkraftwerk Obrigheim
KWU	Kraftwerk Union
KWW	Kernkraftwerk Würgassen
LAW	Low-level radioactive waste – schwachradioaktiver Abfall
MAW	Medium-level radioactive waste – mittelradioaktiver Abfall
MP	Mess- und Prüfstelle für die Gewerbeaufsichtsverwaltung des Landes Hessen
NUKEM	Nuklear-Chemie und –Metallurgie
PAI	Programm zur Aktualisierung des Asse-Inventars
RBU	Reaktor-Brennelemente Union
RWE	Rheinisch-Westfälische Elektrizitätswerke
SSK	Strahlenschutzkommission
Steag	Steinkohlen-Elektrizität
SWR	Siedewasserreaktor
TN	Transnuklear
URT	Unbekannter Reaktortyp
TÜV SÜD	TÜV SÜD Industrie Service
TÜV Nord EnSys	TÜV Nord Energie und Systeme
VAK	Versuchsatomkraftwerk Kahl
WAK	Wiederaufarbeitungsanlage Karlsruhe



1 Einleitung

Mit Schreiben des Bundesamts für Strahlenschutz (BfS) vom 18.11.2009 /U-1/, Az. Z 4.5 9A 251 8728-9, wurde zwischen dem BfS und der TÜV SÜD Industrie Service GmbH (TÜV SÜD) ein Vertrag zur Überprüfung des Abfallinventars der Schachtanlage Asse II (Asse) geschlossen. Im Einzelnen beinhaltet der Vertrag die Erbringung folgender Leistungen durch TÜV SÜD:

- Recherche der Betriebsdokumente hinsichtlich der Kernbrennstoffe, die von der Wiederaufbereitungsanlage (WAK) in Karlsruhe geliefert wurden
- Recherche der Betriebsdokumente hinsichtlich der Kernbrennstoffe anderer Abfallverursacher
- Recherche der Betriebsdokumente hinsichtlich sonstiger Abfälle

Die Erbringung der o. a. Leistungen erfolgte mittels Einzelbeauftragungen, in denen die jeweiligen Arbeiten/Aufgaben zwischen dem BfS und TÜV SÜD abgestimmt wurden. Beginnend mit BfS-Schreiben vom 04.12.2009 /U-2/, Az. SE 4.2 9A 251, wurde TÜV SÜD mit der 1. Einzelaufgabe beauftragt, Daten zu Kernbrennstoffen, die in der Schachtanlage Asse II eingelagert wurden, nachzurecherchieren und auf Plausibilität zu prüfen (1. Einzelbeauftragung). Bei der Bearbeitung dieser Aufgabe wurde der Bedarf einer zusätzlichen Prüfung des Moduls „Programm zur Aktualisierung des Asse-Inventars (PAI)“ der ASSEKAT-Datenbank festgestellt. Nach Zustimmung zur Leistungserweiterung des o. a. Vertrages wurde TÜV SÜD mit BfS-Schreiben vom 30.03.2010 /U-3/, Az. SE 3.1 9A 2512, mit der 2. Einzelaufgabe beauftragt, das Modul „Programm zur Aktualisierung des Asse-Inventars (PAI)“ der Datenbank ASSEKAT zu überprüfen (2. Einzelbeauftragung).

Der vorliegende Zwischenbericht fasst die Ergebnisse der 2. Einzelbeauftragung zur Überprüfung des „Programms zur Aktualisierung des Asse-Inventars (PAI)“ der Datenbank ASSEKAT zusammen.

Das Auswerteprogramm PAI der Datenbank ASSEKAT wurde vom Institut für Strahlenschutz (ISS) der GSF (Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, heute: Helmholtz Zentrum München, HMGU) erstellt. Die Vorgehensweise zur Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachtanlage Asse II mit Hilfe des



PAI ist im Abschlussbericht der GSF „Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachtanlage Asse“ vom August 2002 (GSF-Bericht 2002) /U-5/ beschrieben. Die Aktivitätsdaten im GSF-Bericht 2002 /U-5/ basieren auf der Datenbank ASSEKAT in der Version 7.0 vom 04.10.2000.

Des Weiteren liegt uns der GSF-Bericht I/2000 „Erstellung einer Datenbank zur Aktualisierung des Radionuklidinventars im Forschungsbergwerk Asse“ (GSF-Bericht 2000) /U-6/ vor. Darin werden u. a. die Erfassung der Primärdaten, die Verifikation des Datenbestandes sowie die Modifikationen der Datenbank ASSEKAT beschrieben.

In der Besprechung am 04.02.2010 wurde der Aufbau und die Vorgehensweise bei der Berechnung des Aktivitätsinventars mit dem Berechnungsprogramm PAI erläutert (siehe Anlage zum Besprechungsprotokoll /U-7/). Im Rahmen der o. g. Besprechung wurde uns die Datenbank ASSEKAT in der Version 9.2 einschließlich einer kurzen Beschreibung der bereits in dieser Datenbankversion implementierten Änderungen übergeben. Im Bericht „Beratung und Unterstützung bei der Fortentwicklung und Programmdokumentation der Datenbank ASSEKAT“ vom 28.02.2010 (Bericht 2010) /U-8/ sind u. a. Hinweise zur Neubewertung des Plutonium- und Uraninventars sowie Hinweise zur Datenbank ASSEKAT in der Version 9.2 beschrieben.

Für unsere Überprüfung des PAI haben wir die Datenbank ASSEKAT Version 8.0 /U-4/, die uns im Rahmen der 1. Einzelbeauftragung übergeben wurde, im Datenbankmanagementsystem Microsoft Access 2007 verwendet, um die im GSF-Bericht 2002 beschriebene Vorgehensweise zur Bestimmung des Aktivitätsinventars der Umsetzung im PAI gegenüberstellen zu können.

Im Rahmen der Besprechung am 26.10.2010 /U-9/ wurde festgelegt, dass die Änderungen, die in der Version 9.2 vorgenommen wurden, ebenfalls bewertet werden sollen.



2 Beschreibung des Programms PAI

Ziel und Aufgabe des PAI ist es, aus den Aktivitätsangaben in den Betriebsdokumenten zur Einlagerung von Abfallgebinden in die Asse ein nuklidspezifisches Aktivitätsinventar je Einlagerungskammer zu ermitteln /U-5/.

Die Vorgehensweise zur Erfassung der Primärdaten ist im GSF-Bericht 2000 /U-6/ beschrieben. Als Grundlage für die Bestimmung des Aktivitätsinventars wurde eine systematische Auswertung der papiergebundenen Einlagerungsdokumente durchgeführt. Hierzu wurden alle Informationen über die eingelagerten radioaktiven Abfälle aus den schriftlichen Antworten zu Fragenbögen, den Begleitlisten, Kernbrennstoffmeldungen und Materialbegleitscheinen in die Datenbank ASSEKAT (Rohdatenbank) aufgenommen.

Zur Auswertung des Datenbestandes wurde von ISS ausgehend von den bereits erfassten Daten die Datenbank ASSEKAT um das Auswerteprogramm PAI ergänzt. Die Berechnungsroutinen des PAI wurden in der in Access integrierten Programmiersprache VBA erstellt und in sog. Modulen zusammengefasst, wobei ein Modul aus einer oder mehreren Prozeduren bestehen kann.

Für die elektronische Auswertung wurden im Rahmen der Modifikationen der Daten (siehe GSF-Bericht 2000 /U-6/) oder durch die ISS in einigen Tabellen Daten ergänzt, korrigiert oder umstrukturiert. Hierzu wurden die ursprünglichen Tabellen dupliziert und der Tabellenname mit dem Kürzel „-mod“ erweitert, so dass die Originaldaten erhalten blieben. Die von ISS erstellten Tabellen wurden mit dem Kürzel „ISS-“, versehen. Ausnahme hiervon bildet die Tabelle „Nuklide“, diese wurde von ISS um ein Feld ergänzt, aber nicht mit dem Kürzel versehen.

Auf der Benutzeroberfläche im Formular „PAI“ (siehe Abb.1) werden mit dem Button „PAI ausführen“ die Berechnungsroutinen gestartet. Im rot gekennzeichneten Bereich (siehe Abb. 1) wird ausgewählt, ob die Berechnung für einen bestimmten oder für alle Ablieferer oder für bestimmte Chargen durchgeführt werden soll. Des Weiteren können verschiedene Parameter (in Abb. 1 orange) und der Stichtag für das Bezugsdatum des Aktivitätsinventars (in Abb. 1 gelb) festgelegt werden.

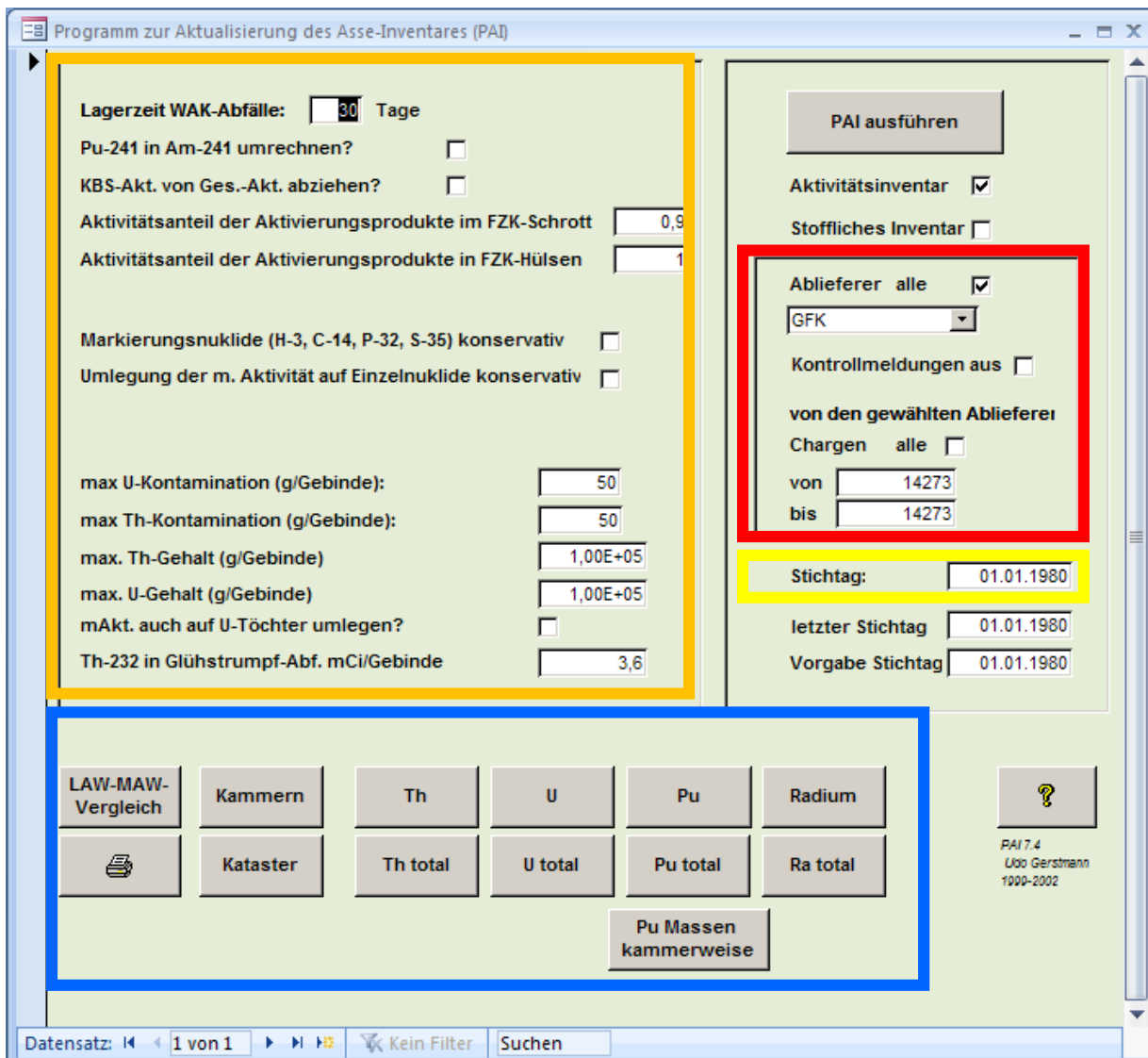


Abb. 1. Eingabeformular „PAI“ der Datenbank ASSEKAT

Des Weiteren ist auf dem Formular „PAI“ im blau gekennzeichneten Bereich die Möglichkeit vorgesehen, Ergebnisse nach der durchgeführten Berechnung aufzurufen bzw. auszudrucken.



Die Berechnung wird chargenweise durchgeführt. Die Chargen entsprechen einzelnen Positionen (Zeilen) auf den Begleitlisten bzw. den Angaben auf einem Fragebogen und können aus mehreren Abfallgebinden mit identischen Merkmalen (Behältertyp, Abfallart usw.) oder aus einzelnen Abfallgebinden bestehen. Insgesamt wurden in der ASSEKAT-Tabelle „Chargen-mod“ 19801 Chargen bzw. Datensätze erfasst.

Die Berechnung erfolgt über verschiedene Berechnungsroutinen. Die Festlegung, welche Berechnungsroutine für welchen Ablieferer bzw. welche Abfallcharge angewendet wird, ist in sogenannten Modulen bzw. Prozeduren mit If-Then-Else-Anweisungen festgelegt. Dies bedeutet, dass nicht automatisch alle Berechnungsroutinen für alle Chargen durchlaufen werden.

In der ASSEKAT-Tabelle „ISS Kataster“ werden die Ergebnisse chargenspezifisch gespeichert (vgl. Abb. 2). Aus der Addition der Ergebnisse aller in einer Kammer eingelagerten Chargen von Abfallgebinden ergibt sich das Aktivitätsinventar pro Kammer. Die Festlegung, welche Radionuklide beim Gesamtaktivitätsinventar berücksichtigt werden, erfolgt in der Tabelle „ISS Nuklide“.

3 Durchgeführte Prüfungen und Prüfumfang

Bei der Überprüfung des PAI haben wir uns auf die Verifikation der Berechnungen, die zur Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Asse herangezogen werden, konzentriert.

Hierzu haben wir das Programm PAI der Datenbank ASSEKAT in der Version 8.0 hinsichtlich folgender Themen geprüft (siehe Abb. 2):

- Verwendung von Primärdaten
- Verwendung der ISS-Daten
- Umsetzung der Rechenalgorithmen
- Plausibilität der manuell zugewiesenen Werte bzw. Berechnungen
- Berechnung des Aktivitätsinventars zum Stichtag und
- Ausgabe der berechneten Daten

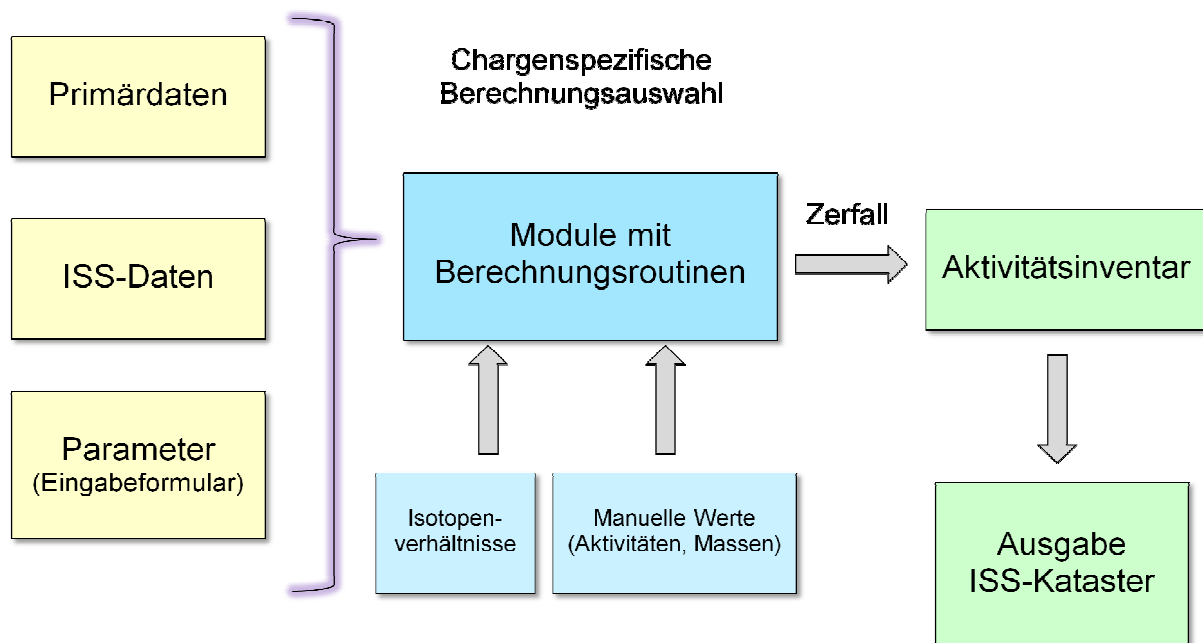


Abb. 2: Schematische Darstellung des PAI-Aufbaus



Die Prüfungen erfolgten in Form einer Eignungsprüfung. Hierzu haben wir stichprobenweise Rechnungen für einzelne Chargen und Ablieferer mit Änderungen bzw. Ergänzungen der Zahlenwerte und Auswahlkriterien in den Tabellen durchgeführt (PAI als Black-Box). Durch die stichprobenweise Einsichtnahme in den Programmcode (Visual Basic) haben wir u. a. die im Programmcode eingetragenen manuellen Werte mit den Angaben auf Begleitlisten bzw. sonstigen Unterlagen auf Übereinstimmung verglichen.

Des Weiteren haben wir geprüft, inwieweit die im GSF-Bericht 2002 /U-5/ enthaltenen Daten (z. B. Tabellen mit Nuklidvektoren) sich in der Datenbank Version 8.0 wiederfinden und die beschriebenen Vorgehensweisen zur Berechnung der Aktivitäten im PAI umgesetzt wurden.

Die Referenzdaten (wie z. B. Halbwertszeiten von Radionukliden, natürliche Isotopenzusammensetzung von Uran) haben wir mit den Angaben in der Karlsruher-Nuklidkarte (7. Auflage 2006) verglichen. Den radioaktiven Zerfall und die im PAI berücksichtigten Aktivitätsaufbaureaktionen haben wir mit eigenen Berechnungen überprüft. Entsprechend der Besprechung am 26.10.2010 /U-9/ haben wir im Kapitel 3.7 Änderungen im PAI der Version 9.2 aufgeführt und bewertet.

Unsere Bewertung ist in der vorliegenden Stellungnahme mit kursiver Schreibweise hervorgehoben. Die Bewertung der Plausibilität der erfassten Originaldokumentationen (Primärdaten) bzw. der modifizierten Daten (z. B. Tabelle „Kernbrennstoffmod“) und der verwendeten Nuklidvektoren ist nicht Bestandteil des vorliegenden Zwischenberichts.

3.1 Verwendung der Primärdaten

Die Informationen aus den Originaldokumentationen (Fragebögen/Fassbegleitlisten, Begleitlisten, Kernbrennstoffmeldungen/Materialbegleitscheine und Betriebsbücher) wurden in der Datenbank ASSEKAT in verschiedenen zum Teil miteinander verknüpften Tabellen erfasst. Die Vorgehensweise zur Erfassung der Primärdaten ist im GSF-Bericht 2000 /U-6/ beschrieben.

Entsprechend der Tischvorlage /U-7/ und dem GSF-Bericht 2010 /U-8/ werden die in der Tab. 1 aufgelisteten Tabellen mit Primärdaten vom PAI zur Berechnung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der eingelagerten Abfallgebinde verwendet. Zum Teil werden die Werte aus den Feldern der Datenbanktabellen direkt zur Berechnung herangezogen wie z. B. Uranmassen aus der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ oder Aktivitätswerte aus der Tabelle „Radium“. Zum anderen werden die Werte als Auswahlkriterium für die Festlegung einer bestimmten Berechnungsroutine (Prozedur) verwendet.

In der Tabelle 1 sind die gemäß /U-7/ und /U-8/ zur Berechnung des Aktivitätsinventars herangezogenen Tabellen der Datenbank ASSEKAT 8.0 mit dem Datum der letzten Änderung und die Verwendung (Auswahlkriterium/Zahlenwerte) bei der Berechnung dargestellt.

Tabelle 1: Tabellename und Datum der letzten Änderungen der Tabellen in der Datenbank ASSEKAT 8.0 sowie deren Verwendung bei der Aktivitätsberechnung

Tabellename	Datum der letzten Änderung	Verwendung bei der Aktivitätsberechnung
Ablieferer	15.07.2001	Auswahlkriterium
Abteilung/Herkunft	09.11.2000	Auswahlkriterium
Begleitlisten-mod	01.08.2001	Auswahlkriterium
Chargen-mod	05.02.2003	Auswahlkriterium, Zahlenwerte
Herkunft der Abfälle	15.11.2000	Auswahlkriterium
Kernbrennstoffe-mod	10.10.2000	Zahlenwerte
Nuklide	19.10.2000	Auswahlkriterium, Zahlenwerte
Radium	10.10.2000	Zahlenwerte

Für die nachfolgend aufgeführten Tabellen mit den zugehörigen Feldern haben wir stichprobenweise geprüft, inwieweit im PAI die Primärdaten in den Tabellen ordnungsgemäß als Auswahlkriterium der Berechnungsroutine bzw. zur Berechnung des Aktivitätsinventars herangezogen werden.

Aus der **Tabelle „Ablieferer“** werden die Felder „Kürzel“ und „KM“ für die Auswahl der Berechnungsroutinen verwendet.

Durch das Feld „Kürzel“ wird im Formular „PAI“ die Berechnung für einzelne Ablieferer gestartet. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsroutinen ordnungsgemäß auf die Tabelle „Ablieferer“ zugreifen, das Feld „Kürzel“ in richtiger Weise verwendet und die jeweilige abliefererspezifische Berechnungsroutine anforderungsgerecht aufgerufen wird.

Durch das Feld „KM“ (Kontrollmeldungen während Auswertung) kann im Formular „PAI“ entschieden werden, ob die Kontrollmeldungen ausgeschaltet werden sollen. Dies hat auf die Aktivitätsberechnung keinen Einfluss.

Aus der **Tabelle „Abteilung/Herkunft“** wird das Feld „Abt/Herkft“ für die Auswahl der Berechnungsroutinen verwendet.

Zum Teil wurden von Ablieferern (z. B. GNS, Steag, TN) auch Abfälle anderer Abfallverursacher (wie KWW, KKS, KKB, KKI) an die Asse abgeliefert. Im Feld „Abt/Herkft“ sind diese zusätzlichen Informationen zum Ablieferer erfasst. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsroutinen ordnungsgemäß auf die Tabelle „Abteilung/Herkunft“ zugreifen und die jeweilige Berechnungsroutine anforderungsgerecht aufgerufen wird (If-Then-Else-Anweisung).

Aus der **Tabelle „Begleitlisten-mod“** werden die Felder „AbINr“, „Ausfertigung“ und „Übernahme“ für die Auswahl der Berechnungsroutinen verwendet.

Durch das Feld „AbINr“ wird in der Tabelle „Begleitlisten-mod“ jeder Begleitliste der entsprechende Ablieferer zugeordnet. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsroutinen ordnungsgemäß auf das Feld „AbINr“ zugreifen.



Das Feld „Ausfertigung“ enthält das Datum der Ausfertigung der Begleitliste. Anhand des Ausfertigungsdatums wird z. B. eine Charge einer spezifischen WAK-Kampagne mit entsprechendem Nuklidvektor zugeordnet. Des Weiteren wird das Feld „Ausfertigung“ für die Umrechnung der Nuklidvektoren auf den Ausfertigungstag verwendet. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsroutinen ordnungsgemäß auf das Feld „Ausfertigung“ zugreifen.

Das Feld „Übernahme“ enthält das Datum der Begleitliste mit dem die Übernahme der Abfälle durch die GSF bestätigt wird. Die Prozedur „Begleitlisten_mod_Laden“ sieht vor, dass das Übernahmedatum verwendet wird, wenn kein Ausfertigungsdatum für einen Datensatz angegeben ist. Nachdem für alle Datensätze in der Tabelle „Begleitlisten-mod“ ein Datum im Feld „Ausfertigung“ angegeben ist, werden die Werte aus dem Feld „Übernahme“ nicht verwendet.

Aus der **Tabelle „Chargen-mod“** werden u. a. die Felder „ChargenNr.“, „IDNr“, „von“, „Abfallart“, „Verpackung“, „Anzahl“ und „Aktivität“ für die Auswahl der Berechnungsprozeduren bzw. zur Aktivitätsberechnung verwendet.

Das Feld „ChargenNr“ ist als Primärschlüssel ohne Duplikate definiert und dient zur Verknüpfung der verschiedenen Tabellen. Neben dem Feld „ChargenNr“ wird auch mit den Feldern „IDNr“ und „von“ im Programmcode festgelegt, welche Berechnungsroutinen für einzelne Begleitlisten bzw. Chargen durchgeführt werden sollen.

Das Feld „Abfallart“ wird z. B. verwendet, um abhängig von der Abfallart festzulegen, welcher Nuklidvektor für die Berechnung der sog. „KKW-Abfälle“ herangezogen wird. Für den Ablieferer FZK wird neben dem Feld „Abfallart“ auch das Feld „Verpackung“ zur Unterscheidung der Chargen bzw. zur Auswahl der Berechnungsroutinen herangezogen (If-Then-Else-Anweisung).

In den Feldern „Alpha“, „Beta“ und „Gamma“ ist die Art der Strahler einer Charge entsprechend den Primärdaten erfasst. Diese Felder werden zur Aktivitätsberechnung nicht herangezogen.

Die Felder „Aktivität“ und „Anzahl“ werden direkt zur Berechnung herangezogen. Die Werte der Felder „Anzahl“ werden u. a. für die Berechnung der Radiumaktivität und

der Uranmasse herangezogen. Das Feld „Aktivität“ enthält die mittlere Aktivität einer Charge in Curie pro Gebinde und wird u. a. zur Berechnung der Uranaktivität oder der einzelnen Radionuklide verwendet. Hierbei wird nicht unterschieden, ob die Aktivität mit den Zeichen „<“, „=“ oder „ca.“ erfasst wurde.

Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsroutinen ordnungsgemäß auf die Daten der Tabelle „Chargen-mod“ zugreifen.

Aus der **Tabelle „Herkunft der Abfälle“** werden die Felder „Herkunft der Abfälle“ und „Kategorie“ verwendet.

Entsprechend dem GSF-Bericht 2000 /U-6/ enthält die Tabelle „Herkunft der Abfälle“ keine Primärdaten. Im Feld „Herkunft der Abfälle“ werden die Abfallverursacher genannt und im Feld „Kategorie“ wird eine Einstufung der Abfälle festgelegt. Die beiden Felder haben keinen Einfluss auf die Aktivitätsberechnung.

Aus der **Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“** werden alle Felder mit Kernbrennstoffmassen (Pu, Pu-238, Pu-239, Th-232, U, U-233, U-235, U-238, U-abger, U-nat und UO₂) und das Feld „ChNr“ für die Aktivitätsberechnung verwendet.

Mit dem Feld „ChNr“ wird der Datensatz mit der Tabelle „Chargen-mod“ verknüpft und somit der jeweiligen Charge die entsprechenden Massen an Plutonium, Uran und Thorium zugeordnet. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsroutinen ordnungsgemäß auf die Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ zugreifen.

Des Weiteren haben wir festgestellt, dass eine Ergänzung in der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ nicht immer Einfluss auf die Aktivitätsbestimmung hat. Grund hierfür ist, dass im PAI für den Ablieferer oder die Charge bestimmte Berechnungsroutinen festgelegt wurden.

Aus der **Tabelle „Nuklide“** werden die Felder „ChargenNr“, „Aktivität“ und „Nuklid-modbyISS“ für die Aktivitätsberechnung verwendet.



Mit dem Feld „ChargenNr“ wird der Datensatz aus der Tabelle „Nuklide“ mit der Tabelle „Chargen-mod“ verknüpft. Dadurch ist es möglich, einer Charge mehrere Radionuklide zuzuordnen.

Im Feld „Aktivität“ sind nur für einen geringen Teil der aufgeführten Radionuklide Aktivitätswerte angegeben (ca. 150 Nennungen, hiervon ca. 75 Nennungen von Radium). Mit der Prozedur „Nuklidtabelle_Nuklide_mit_Aktivitätsangaben“ werden die Aktivitätswerte für die einzelnen Radionuklide berechnet.

Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsroutinen ordnungsgemäß auf die Felder „ChargenNr“ und „Aktivität“ der Tabelle „Nuklide“ zugreifen und die Prozedur „Nuklidtabelle_Nuklide_mit_Aktivitätsangaben“ zur Berechnung der Aktivitätswerte für die einzelnen Radionuklide im PAI korrekt implementiert ist.

Entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ wurden in die Tabelle „Nuklide“ ca. 35000 Eintragungen mit rund 200 verschiedenen, teils mehrdeutigen oder nicht auswertbaren Nuklidbezeichnungen als Primärdaten eingetragen. Für die Aktivitätsberechnung wurden die Nuklidbezeichnungen vereinheitlicht. Hierbei wurde die Tabelle „Nuklide“ von ISS mit einer modifizierten Nuklidbezeichnung im Feld „NuklidmodbyISS“ ergänzt. In den Fällen, in denen als Radionuklide nur Elemente z. B. Co, C und Fe angegeben wurden, wurde im Feld „NuklidmodbyISS“ die Nennung einem Radionuklid wie z. B. Co-60, C-14 und Fe-55 zugeordnet.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass den verschiedenen unspezifizierten Nennungen, sofern möglich, definierte Radionuklide bzw. Nuklidmischungen zugeordnet wurden. Bezeichnungen für Nuklidmischungen wie z. B. Uran, Plutonium oder Spaltstoffe, wurden zunächst unverändert beibehalten. Die Festlegung der Radionuklide für die Nuklidmischungen ist im Programmcode im Modul „Aktivitätsberechnung“ festgelegt.

Des Weiteren wurden, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschrieben, alle unspezifizierten Nennungen von Thorium als Th-232 interpretiert.

Wir haben stichprobenweise die Zuordnung der Nuklidbezeichnungen zu den vereinheitlichten Bezeichnungen geprüft. Hierbei ist uns aufgefallen, dass das im GSF-Bericht 2002 /U-5/ genannte Beispiel einer Nennung, die nicht zugeordnet wurde

(Ti -201) in der uns vorliegenden Version der ASSEKAT-Datenbank dem Radionuklid TI-201 zugeordnet wurde. Diese Zuordnung ist aus unserer Sicht plausibel.

Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsprozeduren ordnungsgemäß auf das Feld „NuklidmodbyISS“ zugreifen.

Aus der **Tabelle „Radium“** wird das Feld „mAktiv-Ra-festg“ für die Aktivitätsberechnung verwendet.

Entsprechend dem GSF-Bericht 2000 /U-6/ ergab die Sichtung der radiumhaltigen Chargen, dass die Angaben nicht ausreichen, um die Gesamtaktivität des eingelagerten Radiums direkt zu berechnen. Aus diesem Grund wurde die Tabelle „Radium“ mit den wichtigsten Merkmalen der radiumhaltigen Chargen angelegt.

Zur Berechnung der Radiumaktivität wird das Feld „mAktiv-Ra-festg“ mit den festgelegten mittleren Radiumaktivitäten herangezogen. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsprozeduren ordnungsgemäß auf die Tabelle „Radium“ bzw. auf das Feld „mAktiv-Ra-festg“ zugreifen.

Des Weiteren hat sich bei unserer Prüfung gezeigt, dass das Feld „Anzahl“ der Tabelle „Radium“ für die Berechnung der Radiumaktivitäten nicht herangezogen wird. Für die Berechnung wird das Feld „Anzahl“ der Tabelle „Charge-mod“ verwendet, wobei die Anzahl der Gebinde für die entsprechende Charge in der Tabelle „Radium“ mit der Anzahl der Gebinde in der Tabelle „Chargen-mod“ identisch ist.

Zusammenfassend zeigt die stichprobenweise Prüfung, dass bei der Berechnung des Aktivitätsinventars der Asse die Primärdaten aus den o. g. Tabellen „Ablieferer“, „Abteilung/Herkunft“, „Begleitlisten-mod“, „Chargen-mod“, „Herkunft der Abfälle“, „Kernbrennstoffe-mod“, „Nuklide“ und „Radium“ von den Berechnungsroutinen des PAI ordnungsgemäß herangezogen werden.

3.2 Verwendung der ISS-Daten

Vom ISS wurden zur Aktivitätsberechnung relevante Zusatzdaten wie Nuklidvektoren, Halbwertszeiten und Berechnungsparameter in sog. ISS-Tabellen erfasst.

In der Tabelle 2 sind die gemäß dem GSF-Bericht 2010 /U-8/ zur Berechnung herangezogenen Tabellen der Datenbank ASSEKAT 8.0 mit dem Datum der letzten Änderung und die Verwendung bei der Berechnung der Aktivitätswerte dargestellt.

Tabelle 2: ISS-Tabellennamen und Datum der letzten Änderungen der Daten in der Datenbank ASSEKAT 8.0 sowie die Verwendung bei der Aktivitätsberechnung

Tabellenname	Datum der letzten Änderung	Verwendung bei der Aktivitätsberechnung
ISS KKW Nuklidvektoren GNS	14.04.2001	Nuklidvektor für KKW
ISS Nuklide	28.06.2002	Zerfallsdaten usw.
ISS Parameter	24.11.2000	Parameter
ISS Vektoren Plutonium	01.12.1999	WAK-Nuklidvektor
ISS Vektoren Uran	02.08.2001	WAK-Nuklidvektor
ISS WAK-Kampagnen	13.05.2001	WAK-Kampagne

Aus der **Tabelle „ISS Nuklide“** werden die Felder „Nuklid“, „KfK“, „KKW“, „Aktivierungsprodukt“, „Kataster“, „HWZ“ und „Einheit_HWZ“ für die Berechnungsroutinen verwendet.

Mit dem Feld „Nuklid“ werden die Datensätze aus der Tabelle „Nuklide“ mit der Tabelle „ISS Nuklide“ verknüpft. Dadurch werden den Radionukliden für die Berechnung die jeweiligen Halbwertszeiten zugeordnet.

Mit dem Auswahlfeld „Kataster“ in der Tabelle „ISS-Nuklide“ wird festgelegt, welche Radionuklide in die Tabelle „ISS-Kataster“ ausgegeben bzw. gespeichert werden. Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die Ausgabe der berechneten Aktivitätswerte in der Tabelle „ISS-Kataster“ entsprechend der Auswahl in der Tabelle „ISS-Nuklide“ erfolgt.



Mit dem Auswahlfeld „KfK“ bzw. „KKW“ wird festgelegt, ob das Radionuklid bei der Aufteilung der mittleren Aktivität bei den Abfällen des Abfallverursachers KfK bzw. bei den KKW-Abfällen berücksichtigt wird. Mit dem Auswahlfeld „Aktivierungsprodukt“ wird festgelegt, ob das Radionuklid durch Aktivierung von Materialien entsteht. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die o. g. Auswahlfelder von den Berechnungsprozeduren ordnungsgemäß herangezogen werden.

In der Tabelle „ISS-Nuklide“ sind 155 Radionuklide u. a. mit Nuklidbezeichnung, Nuklidmasse und Halbwertszeit aufgeführt. Diese haben wir für die verschiedenen Radionuklide mit den Angaben der Karlsruher-Nuklidkarte (7. Auflage 2006) verglichen und dabei festgestellt, dass für die Radionuklide Be-10, Se-79, Cm-247 und Cm-248 um bis zu mehrere Größenordnungen abweichende Halbwertszeiten in der Tabelle „ISS Nuklide“ verwendet werden. Wir empfehlen, die Halbwertszeiten dieser Radionuklide unabhängig von ihrer Bedeutung für die Bestimmung des Aktivitätsinventars der Asse zu korrigieren. Darüber hinaus ergaben sich keine Abweichungen (E 1).

Aus der **Tabelle „ISS-Parameter“** werden von den Berechnungsprozeduren generell Felder wie z. B. „Stichtag“, „X Schrott“, „X Hülsen“, „Option 1“ bis „Option 10“, „Verzugszeit“, „WAK“, „Th-Glühstrumpf“, „U-Kontamination“, „Th-Kontamination“, „Th-max“ und „gewünschter Termin“ verwendet.

Gemäß dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ sind die bei der Aktivitätsinventarberechnung verwendeten Parameter in der Datenbank festgehalten. Einige Parameter (z. B. das Bezugsdatum des Aktivitätsinventars) können zudem auf der Benutzeroberfläche des Formulars „PAI“ variiert werden, andere sind im Programmcode festgeschrieben.

Wir haben stichprobenweise geprüft, ob die auf der Benutzeroberfläche variierbaren Parameter ordnungsgemäß in die entsprechende Tabelle „ISS-Parameter“ übertragen und nachfolgend in den Berechnungsprozeduren herangezogen werden. Unsere Prüfung hat ergeben, dass auf die Parameter in der Tabelle „ISS-Parameter“ ordnungsgemäß von den Berechnungsprozeduren zugegriffen wird.

Des Weiteren hat sich gezeigt, dass aus den Ergebnissen in der Tabelle „ISS-Kataster“ nicht hervorgeht, mit welchen Parametereinstellungen die Berechnung

durchgeführt wurde, was die spätere Nachvollziehbarkeit der Aktivitätsberechnung mit dem PAI erschwert. In Verbindung mit dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ sind jedoch die bei der Aktivitätsberechnung verwendeten Parameter nachvollziehbar festgelegt.

In der **Tabelle „ISS KKW Nuklidvektoren GNS“** sind die in Zusammenarbeit mit der GNS ermittelten Nuklidvektoren für Kernkraftwerksabfälle erfasst. Die Nuklidvektoren wurden für vier übergeordnete Abfallgruppen verschiedener KKW-Abfallarten in Abhängigkeit der beiden Reaktortypen SWR und DWR definiert und die Aktivitätsanteile der einzeln festgelegten Radionuklide auf 1 normiert.

Die in der Tabelle „ISS KKW Nuklidvektoren ISS“ angegebenen Werte für die einzelnen Radionuklide haben wir stichprobenweise mit den Werten der Tabelle 2.20 „Nuklidvektoren (in Bq/Bq Gesamtaktivität) der KKW-Abfallgruppen“ im GSF-Bericht 2002 /U-5/ verglichen. Es ergaben sich keine Abweichungen.

In der **Tabelle „ISS Vektoren Plutonium“** sind für die verschiedenen Wiederaufarbeitungskampagnen die Plutoniumvektoren angegeben.

Die in der Tabelle „ISS Vektoren Plutonium“ angegebenen Werte der Plutonium-Isotope haben wir stichprobenweise mit den Werten der Tabelle 2.11 „Plutonium-Nuklidvektoren der WAK-Kampagnen in Bq/g Plutonium“ im GSF-Bericht 2002 /U-5/ verglichen. Es ergaben sich keine Abweichungen.

In der **Tabelle „ISS Vektoren Uran“** sind für die verschiedenen Wiederaufarbeitungskampagnen die Uranvektoren angegeben.

Die in der Tabelle „ISS Vektoren Uran“ angegebenen Werte der Uran-Isotope haben wir stichprobenweise mit den Werten der Tabelle 2.10 „Uran-Nuklidvektoren der WAK-Kampagnen in Bq/g Uran“ im GSF-Bericht 2002 /U-5/ verglichen. Die Isotopenzusammensetzungen (Massenprozent) des Urans der WAK-Kampagnen sind in der Tabelle 2.13 „Isotopenzusammensetzung (Massenprozent) des Urans der WAK-Kampagnen“ im GSF-Bericht 2002 /U-5/ wiedergegeben. Für die WAK-Kampagnen „Pu-Reinigung“ und „Dekophase“ wurden gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ keine Uran-Vektoren angegeben. Es ergaben sich keine Abweichungen.



In der **Tabelle „ISS WAK-Kampagnen“** sind die WAK-Kampagnen mit dem Startdatum und Enddatum angegeben.

Die in der Tabelle „ISS WAK-Kampagne“ angegebenen Werte haben wir stichprobenweise mit den Werten der Tabelle 2.9 „WAK-Kampagnen mit Abbrand der Brennelemente, Kampagnenzeiten sowie Anzahl und Gesamtaktivität der zugehörigen Gebinde“ im GSF-Bericht 2002 /U-5/ verglichen. In der Tabelle „ISS Vektoren Plutonium“ ist als Ende der Kampagne ein Datum und nicht wie in der Tabelle „ISS WAK-Kampagne“ die Anzahl an Tagen angegeben. Die Anzahl der Tage stimmt mit der Differenz aus Anfangs- und Enddatum überein. In der Tabelle „ISS WAK-Kampagnen“ der Datenbank ist zusätzlich zur Tabelle 2.9 im GSF-Bericht 2002 /U-5/ noch eine Vorbetriebsphase (Beginn 01.01.1960, Ende: 01.12.1969) angegeben. Darüber hinaus ergaben sich keine Abweichungen.

Zusammenfassend zeigte die stichprobenweise Prüfung, dass die zusätzlichen ISS-Daten aus den o. g. Tabellen „ISS KKW Nuklidvektoren GNS“, „ISS Nuklide“, „ISS Parameter“, „ISS Vektoren Plutonium“, „ISS Vektoren Uran“ und „ISS WAK-Kampagnen“ von den Berechnungsroutinen des PAI ordnungsgemäß herangezogen werden.

3.3 Umsetzung der Rechenalgorithmen im PAI

Die Berechnung des Aktivitätsinventars der Asse im PAI erfolgt, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ im Kasten 2.1 dargestellt, nach folgendem Schema:

1. Löschen des zuletzt berechneten Inventars
2. Laden von frei wählbaren Berechnungsparametern
3. Laden der zur Auswertung benötigten Informationen aus der Datenbank ASSEKAT
4. Chargenweise Abarbeitung der Tabelle „Chargen-mod“
 - 4.1 Laden der chargenspezifischen Daten aus Tabelle „Chargen-mod“
 - 4.2 Einzelnuclidaktivitätsberechnung für den Ausfertigungstag der Begleitliste
 - Abliefererspezifische Auswertung
 - Automatische Auswertung der Tabelle „Nuklide“
 - Automatische Auswertung der Tabelle „Radium“
 - Automatische Auswertung der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“
 - 4.3 Umrechnung der Einzelnuclidaktivitäten auf den gewählten Stichtag
 - Berechnung der Aktivitätsabnahme durch radioaktiven Zerfall
 - Berechnung des Aktivitätsaufbaus aus Mutternucliden
 - 4.4 Speichern der Einzelaktivitäten in der Tabelle „ISS-Kataster“
 - 4.5 Speichern der Berechnungsparameter und Zusatzinformationen (Bemerkungen, Kampagnenzuordnung, Nuclidvektoren usw.)
5. Aktualisierung von Datenbankverknüpfungen, Erstellen von Statistiken

Das Ablaufschema wurde im PAI mit Hilfe von Modulen und sog. Prozeduren (Visual Basic) umgesetzt. Ein Modul ist programmtechnisch eine Sammlung von Deklarationen, Anweisungen und Prozeduren, um den Microsoft Visual Basic-Code zu strukturieren.

In der Tabelle 3 sind die Module des PAI mit jeweiligen Stichworten zu den Prozeduren aufgelistet.

Tabelle 3: Modulname in der Datenbank ASSEKAT 8.0 sowie Stichworte zu den Prozeduren in den Modulen

Modulname	Stichworte zu den Prozeduren in den Modulen
Hauptprogramm	- Aufrufen der einzelnen Prozeduren bzw. Prozedurgruppen
Aktivitätsberechnung	- Festlegung der Startwerte für die Chargenberechnung - Lesen der Fassanzahl und der mittleren Aktivität - Berechnung der Chargenaktivität in Bq - Lesen der Ablieferer - Aufruf des abliefererspezifischen Berechnungsmoduls - Zuordnung der Einzelnuclid-Aktivitätsangaben - Umrechnung der berechneten Aktivitäten auf den Stichtag - Speichern der Aktivitäten
Aktivitätsberechnung Kernbrennstoff	- Uranmassen (U-234, U-235 und U-238) aus der gegebenen U-235-Masse zum Ausfertigungstag - U-235 aus U-nat (Unterscheidung mit/ohne Töchter) - Uranmassen aus den gegebenen Massen U (natürliches Isotopenverhältnis) - Uranmassen aus den gegebenen Massen U (0,3 % Anreicherung) - Uranmassen aus maximaler Masse (g/Gebinde) bei kontaminierten Abfällen - Uranmassen aus maximaler U-Masse/Gebinde - Thoriummassen aus maximaler Th-Masse/Gebinde - Thoriumaktivität aus Thoriummasse - Umrechnung der Pu-Massen der Tabelle „Kernbrennstoffe mod“ - Umrechnung der U-Massen der Tabelle „Kernbrennstoffe mod“ - Umrechnung der Th-Massen der Tabelle „Kernbrennstoffe mod“ - Berechnung der Th-Aktivität durch Glühstrümpfe
Aktivitätsberechnung Nuklidtabelle	- Nuklide mit Aktivitätsangaben in der Tabelle „Nuklide“ - Nuklide ohne Aktivitätsangaben in der Tabelle „Nuklide“ - Festlegung der Vorgehensweise für die Mischnennungen (Pu-Mix, U-Mix, ThO ₂ -nat und U-nat)
Datenbankorganisation	- Prozeduren, die alte Tabellen löschen und neue erstellen, einschließlich der zugehörigen Relationen
Deklaration	- Festlegung der im PAI verwendeten Variablen - Definition der Atomaren Masseneinheit, Avagadro-Konstante sowie der Umrechnung von Ci in Bq
Hilfsmodule	- Abgleich der wählbaren Parameter mit der Tabelle „ISS-Parameter“

Modulname	Stichworte zu den Prozeduren in den Modulen
Aktivitätsberechnung Subprozeduren	<ul style="list-style-type: none"> - Festlegung der Startwerte für die Aktivitäts- bzw. Chargenberechnung - Abschlussmeldung der Aktivitätsberechnung - Aktivitätsabnahme durch Zerfall zum Stichtag - Aktivitätsaufbau aus Mutternukliden - Gleichsetzen von kurzlebigen Töchtern mit der Aktivität der Mütter - Ausgabe der Kontrollwerte in die Tabelle „ISS-Kataster“ - Berechnung der Radiumaktivitäten - Berechnung von Einzelnucliden (aufgeteilt oder nicht) - Berechnung der Markierungsnuklide (H-3, C-14, P-32 und S-35)
Laden	<ul style="list-style-type: none"> - Laden der Tabellendaten - Umrechnen der Halbwertszeiten in Sekunden
Ablieferer AEG/KWU	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „AEG“ und einige Chargen des Ablieferers „Nukem“
Ablieferer „die Kleinen“	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für die Ablieferer „AB“, „Asse“, „Buchler“, „BW“, „Conradty“, „FRM“, „GNT“, „GSF_Han“, „Höchst“, „KRT“, „RBU“ und „Siemens“
Ablieferer GfK/FZK	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „FZK“
Ablieferer GKSS	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „GKSS“
Ablieferer GSF Nhg	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „GSF Nhg“
Ablieferer HMI	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „HMI“
Ablieferer KFA	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „KFA“
Ablieferer KKW	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für die Ablieferer „KWO“, „KKS“, „KKU“, „KRB“, „KWL“, „KWW“, „KKB“, „RWE“, „KFA“, „GNS“, „Steag“
Ablieferer MP	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „MP“
Ablieferer Nukem	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „Nukem“
Ablieferer TN	<ul style="list-style-type: none"> - Chargenweise Festlegungen für den Ablieferer „TN“



Insgesamt sind 19801 Chargen in der Datenbank ASSEKAT in der Tabelle „Chargen-mod“ erfasst. Hinsichtlich der abgegebenen Anzahl an Gebinden und Aktivitäten stellen die Abfälle vom GfK/FZK den Hauptanteil der eingelagerten Abfälle dar. Für die GfK/FZK-Abfälle sind diese in 4433 Chargen zusammengefasst. Für die Abfälle der Kernkraftwerke und der sonstigen Ablieferer werden insgesamt 15368 Chargen berechnet.

Die Vielzahl der Module und Subprozeduren haben wir in sieben Berechnungsroutinen zusammengefasst. In Tabelle 4 ist dargestellt, welche Berechnungsroutinen zur Bestimmung des Aktivitätsinventars im PAI für die verschiedenen Ablieferer verwendet werden. Eine Berechnungsroutine stellt eine Verknüpfung einer oder mehrerer Subprozeduren aus einem oder mehreren Modulen dar.

Tabelle 4: Ablieferer und die verwendeten Berechnungsroutinen

Kürzel	FZK ¹⁾	KKW ²⁾	Uran ³⁾	Plutonium ⁴⁾	Radium ⁵⁾	Thorium ⁶⁾	Einzel-nuklide ⁷⁾
AB	-	-	X	X	X	-	X
AEG-FSR	-	X	-	-	-	-	-
AEG-GWhm	-	X	-	-	-	-	-
Asse	-	-	-	-	-	-	-
Buchler	-	-	-	-	-	-	X
BW	-	-	-	-	X	-	X
Conradty*	-	-	-	-	-	-	-
FRM	-	-	X	-	X	-	-
FZK	X	X	-	-	X	-	-
GKSS	-	-	X	-	-	-	X
GNS	-	X	-	-	-	-	-
GNT	-	X	-	-	-	-	-
GSF-Han	-	-	X	-	X	X	X
GSF-Nhg	-	-	X	X	X	-	X
HMI	-	-	X	-	X	X	X
Hoechst	-	-	-	-	-	-	X
KFA	-	X	X	-	X	X	X
KKB	-	X	-	-	-	-	-
KKS	-	X	-	-	-	-	-
KKU	-	X	-	-	-	-	-
KRB	-	X	-	-	-	-	-
KRT	-	-	X	-	-	-	-
KWL	-	X	-	-	-	-	-
KWO	-	X	-	-	-	-	-
KWU, Erlangen	-	X	X	-	-	-	-
KWU, GWhm	-	X	-	-	-	-	-
KWU, Karlstein	-	X	X	-	-	-	-
KWW	-	X	-	-	-	-	-
MP	-	-	X	-	X	-	X
NUKEM	-	X	X	-	-	-	X
RBU	-	-	X	-	-	-	-
RWE	-	X	-	-	-	-	-
Siemens	-	-	-	-	-	-	-
Steag	-	X	-	-	-	-	X
TN	-	-	X	X	-	-	-
VAK	-	X	-	-	-	-	-

1) FZK: Berechnung der Abfälle des GfK/FZK

2) KKW: Berechnung mit Nuklidvektoren für KKW-Abfälle

3) Uran: Berechnung der Uranmassen bzw. -aktivitäten

4) Plutonium: Berechnung der Plutoniummasse bzw. -aktivitäten

5) Radium: Berechnung der Radiumaktivität

6) Thorium: Berechnung der Thoriumaktivität

7) Einzel-nuklide: Berechnung der Aktivität von einzelnen Radionukliden

* Berechnung wurde im Programmcode durch manuelle Eingabe festgelegt

** Im Programmcode wurden keine Berechnungsroutinen festgelegt

3.3.1 Berechnungsroutine für die Abfälle des GfK/FZK

Die Berechnung des radioaktiven Inventars der GfK/FZK-Abfälle, im Folgenden vereinfacht als FZK-Abfälle bezeichnet, wird entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ wie folgt durchgeführt:

- Ermittlung der zur Charge gehörenden WAK-Kampagne anhand des Ausfertigungsdatums der Begleitliste und einer Lagerzeit von 30 Tagen
- Ermittlung der zugehörigen Nuklidvektoren
- Umrechnung der Nuklidvektoren auf den Ausfertigungstag der Begleitliste
- Identifizierung von Abfällen mit Aktivierungsprodukten (mittels Abfallart, Verpackung)
- Umlegung der deklarierten Gesamtaktivität auf die im Nuklidvektor aufgeführten Radionuklide
- Korrektur der deklarierten Kernbrennstoffmassen
- Umrechnung der Kernbrennstoffmassen in die entsprechenden Aktivitäten
- Auswertung zusätzlicher Radiumangaben (aus der Tabelle „Radium“)

Folgende auf der Benutzeroberfläche wählbare Berechnungsparameter haben auf die Aktivitätsbestimmung für FZK-Abfälle Einfluss:

- Lagerzeit WAK-Abfälle
- Pu-241 in Am-241 umrechnen
- KBS-Akt. von Ges.-Akt. abziehen
- Aktivitätsanteil der Aktivierungsprodukte im FZK-Schrott
- Aktivitätsanteil der Aktivierungsprodukte in FZK-Hülsen

Ermittlung der zur Charge gehörenden WAK-Kampagne anhand des Ausfertigungsdatums der Begleitliste und einer Lagerzeit von 30 Tagen

Die Zuordnung der in die Asse eingelagerten Abfallgebinde vom Ablieferer FZK zu bestimmten WAK-Kampagnen erfolgte anhand des Ausfertigungsdatums der zugehörigen Begleitlisten und der Zeiträume der Kampagnen. Der Zeitraum kann im Formular „PAI“ grundsätzlich variiert werden. Gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ wurde jedoch standardmäßig eine mittlere Lagerzeit von 30 Tagen angesetzt.



In der Prozedur „Vektorbestimmung“ im Modul „Ablieferer FZK“ werden die Chargen den entsprechenden WAK-Kampagnen, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschrieben, zugeordnet. Der Parameter für die mittlere Lagerzeit, der auf der Benutzeroberfläche frei gewählt werden kann, wird ordnungsgemäß für die Zuordnung verwendet. Es ergaben sich keine Abweichungen.

In der ASSEKAT-Tabelle „ISS WAK-Kampagnen“ ist zusätzlich zu den in der Tabelle 2.9 „WAK-Kampagnen mit Abbrand der Brennelemente, Kampagnenzeiten sowie Anzahl und Gesamtaktivität der zugehörigen Gebinde“ im GSF-Bericht 2002 /U-5/ genannten WAK-Kampagnen noch die „Vorbetriebsphase“ aufgeführt. Diese Vorbetriebsphase hat jedoch für die Aktivitätsberechnung der Abfallgebände des GfK/KfK keinen Einfluss. In der Tabelle 2.9 im GSF-Bericht 2002 /U-5/ erfolgte die Zuordnung zu den WAK-Kampagnen mit der Angabe der Anzahl und der Gesamtaktivität der zugehörigen Gebinde ohne Berücksichtigung der mittleren Lagerzeit von 30 Tagen. Für die Berechnung des Aktivitätsinventars mit dem PAI wird hingegen die mittlere Lagerzeit von 30 Tagen bei der Zuordnung zur WAK-Kampagne berücksichtigt. Dies hat jedoch keinen Einfluss auf die Berechnung des Aktivitätsinventars.

Unsere stichprobenweise Prüfung hat ergeben, dass die Zuordnung der Chargen des Ablieferers FZK zu den WAK-Kampagnen im PAI entsprechend der Beschreibung im GSF-Bericht 2002 /U-5/ umgesetzt ist und der Parameter „Lagerzeit WAK-Abfälle“ ordnungsgemäß zur Berechnung herangezogen wird.

Ermittlung der zugehörigen Nuklidvektoren

Für die jeweiligen WAK-Kampagnen wurde je ein Nuklidvektor für Spalt- und Aktivierungsprodukte, für Uran und für Plutonium festgelegt. Diese Nuklidvektoren sind im GSF-Bericht 2002 /U-5/ angegeben.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass für die Berechnung des Aktivitätsinventars die jeweiligen Nuklidvektoren in Abhängigkeit von der entsprechenden WAK-Kampagne richtig herangezogen wurden.

Der „Vorbetriebsphase“ der WAK werden keine Nuklidvektoren zugeordnet und somit werden Abfallgebände, die bis zum 31.12.1969 vom FZK in die Asse eingelagert wurden, bezüglich der Aktivitätsberechnung vernachlässigt. Aus der mittleren Aktivi-



tät und der Anzahl der Abfallgebinde auf den Begleitlisten bzw. den Fragebögen ergibt sich eine Gesamtaktivität von 107,5 Ci (siehe Tabelle 3.3 „Aktivitäten, die aufgrund mangelnder Informationen zur Nuklidzusammensetzung nicht ausgewertet werden konnten“ des GSF-Berichts 2002 /U-5/).

Für die beiden WAK-Kampagnen „Pu-Reinigung“ und „Dekophase“ wird in der Prozedur „FZK“, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschrieben, in Bezug auf die Nuklidvektoren jeweils die Vorgängerkampagne zugeordnet.

Identifizierung von Abfällen mit Aktivierungsprodukten (Abfallart, Verpackung)

Die von der WAK angegebenen Nuklidvektoren sind nicht spezifisch für eine bestimmte Abfallart. Für einige Abfallarten wurde gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ ein vom allgemeinen Nuklidvektor abweichender Anteil der Aktivierungsprodukte an der Gesamtaktivität angesetzt. Bei den vom FZK als MAW eingestuften Schrott-Abfällen wurde ein Aktivierungsproduktanteil von 90 % und bei Hülsenabfällen von 100 % veranschlagt. Diese Werte sind im Eingabeformular „PAI“ variabel zu wählen.

Zur Identifizierung von Abfällen mit Aktivierungsprodukten werden im PAI die Abfallart und die Verpackung verwendet. Bei Nennung mehrerer Abfallarten auf den Begleitlisten erfolgt die Einstufung anhand der erstgenannten Abfallart, da diese als dominierend erachtet wurde. Für die Identifizierung anhand der Verpackung werden im Programmcode acht relevante Verpackungstypen angegeben.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die Identifizierung anhand der Abfallart und der Packung korrekt durchgeführt wird. Die Parameter für den Aktivierungsanteil auf dem Eingabeformular werden korrekt herangezogen.



Umrechnung der Nuklidvektoren auf den Ausfertigungstag der Begleitliste

Die Nuklidvektoren für Spalt- und Aktivierungsprodukte der WAK-Kampagnen wurden für die jeweilige Charge auf den Ausfertigungstag der Begleitliste und auf bestimmte Aktivierungsproduktanteile umgerechnet. Für die Uran- und Plutonium-Nuklidvektoren wurden für den Zeitraum zwischen dem Beginn der jeweiligen WAK-Kampagne und dem Ausfertigungstag der Begleitliste keine Zerfallskorrekturen durchgeführt.

Die Umrechnung der Nuklidvektoren der WAK-Kampagnen auf den Ausfertigungstag der Begleitliste und auf bestimmte Aktivierungsproduktanteile ist im Kasten 2.2 des GSF-Berichtes 2002 /U-5/ beschrieben.

Die Spalt- und Aktivierungs-Nuklidvektoren, die sich auf den Kampagnenstichtag der WAK-Kampagne beziehen, wurden, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschrieben, auf das Ausfertigungsdatum der Begleitliste korrekt zerfallskorrigiert. Die Uran- und Plutonium-Nuklidvektoren bleiben entsprechend der im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschriebenen Vorgehensweise unverändert.

Die Festlegung, welche Radionuklide durch Aktivierung von Materialien entstehen und somit zu den Aktivierungsprodukten gezählt werden, ist im Auswahlfeld „Aktivierungsprodukt“ in der Tabelle „ISS-Nuklide“ festgelegt und wird korrekt zur Berechnung herangezogen.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die Umrechnung der Nuklidvektoren auf den Ausfertigungstag der Begleitliste entsprechend der Beschreibung im GSF-Bericht 2002 /U-5/ korrekt durchgeführt wird.

Umlegung der deklarierten Gesamtaktivität auf die im Nuklidvektor aufgeführten Radionuklide

Die auf den Begleitlisten deklarierten Aktivitäten werden vollständig den in den Nuklidvektoren aufgeführten Spalt- und Aktivierungsprodukten zugerechnet und die Kernbrennstoffaktivitäten werden aus den deklarierten Kernbrennstoffmassen berechnet.

Die für eine Charge deklarierten Massenangaben zu U-235 und U-nat werden aufsummiert und anschließend mit dem zugehörigen Uran-Nuklidvektor auf die einzelnen Uranisotope umgerechnet. Massenangaben von Plutonium, die gelegentlich als Pu-239 angegeben waren, werden in analoger Weise mit dem zugehörigen Vektor auf die einzelnen Plutoniumisotope umgerechnet.

Für die Abfallchargen, die im PAI nicht als MAW-Schrott oder MAW-Hülsen identifiziert werden, wird anhand der auf den Begleitlisten angegebenen mittleren Aktivität und der WAK-Kampagnen-spezifischen Spalt- und Aktivierungs-Nuklidvektoren das Radionuklidinventar berechnet.

Zur Berechnung der Urangesamtmasse werden, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschrieben, die U-235- und die U-nat-Masse addiert. Unsere Prüfung zeigte, dass andere Uranmassen wie z. B. U-238 oder U-abger (sofern vorhanden) aus der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ ebenfalls berücksichtigt bzw. zur Gesamturanmasse addiert werden.

Da alle Plutoniummassen in der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ als Pu und nicht als Pu-239 angegeben sind, wird die im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschriebene Vorgehensweise, das Pu-239 als Pu-Gesamt zu interpretieren, in der Berechnungsroutine „FZK“ nicht verwendet. Die Plutoniumisotope werden anschließend unter Berücksichtigung der für die WAK-Kampagnen spezifischen Plutoniumnuklidvektoren berechnet. Zuvor wird die Plutoniumgesamtmasse um den Faktor 0,34081 korrigiert (siehe nächster Punkt).

Korrektur der deklarierten Kernbrennstoffmassen

Mit der Datenbank ASSEKAT errechnet sich die Gesamtmasse des mit den Abfällen des FZK in der Asse eingelagerten Plutoniums auf ca. 28,1 kg und die des Urans auf ca. 4,5 Mg (Summe der in den Kernbrennstoffmeldungen deklarierten Massen ohne Zerfallskorrektur). Gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ wurden aufgrund von Aussagen des FZK bzw. der WAK die Kernbrennstoffmassen von Plutonium und Uran reduziert. Die exakten Verhältnisse der neuen Kernbrennstoffmassen und der früheren Kernbrennstoffmeldungen betragen 0,341 für Plutonium und 0,367 für Uran. Zur Ermittlung des Radionuklidinventars wurden im PAI diese Faktoren zur Reduzierung der Kernbrennstoffmassen zum Ausfertigungstag der Abfallbegleitlisten verwendet.

Durch Einsichtnahme in den Programmcode haben wir uns überzeugt, dass die im GSF-Bericht 2002 /U-5/ angegebenen Faktoren zur Reduzierung der Kernbrennstoffmassen herangezogen werden. Die Reduzierung erfolgt wie beschrieben zum jeweiligen Ausfertigungstag der Begleitlisten bzw. zur zugeordneten WAK-Kampagne. Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die Reduzierung entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ in das PAI implementiert wurde.

Gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ wurde aufgrund von Aussagen des FZK bzw. der WAK der Anteil an Plutonium in vier Hauptabfallströmen der WAK-Abfälle (MAW Harze, fest nicht brennbar, fest brennbar, flüssig nicht brennbar) neu verteilt. Hierzu wurde vom FZK der Anteil der vier Hauptabfallströme am gesamten Plutoniuminventar der eingelagerten Abfälle des FZK bestimmt. Die Kernbrennstoffgehalte der Abfallchargen mit Abfällen aus einem der vier Hauptabfallströme wurden mit in der Tabelle 2.17 „Korrekturfaktoren zur Neuverteilung des Plutoniums auf die vier Hauptabfallströme der WAK“ des GSF-Berichtes 2002 /U-5/ angegebenen Korrekturfaktoren multipliziert.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass es im Programmcode neben den vier im GSF-Bericht 2002 /U-5/ genannten Hauptabfallströmen noch zwei weitere Abfallströme („Vorbetriebsphase“ und „von den Hauptabfallströmen abweichende Abfallart“) definiert wurden. Für diese beiden Abfallströme erfolgt keine Neuverteilung des Plutoniums. Dies ist plausibel, da diesen Abfallströmen nur Abfallgebinde zugeordnet werden, für die kein Kernbrennstoff auf den Begleitlisten angegeben wurde.

Durch Einsichtnahme in den Programmcode (Modul „Ablieferer FZK“) konnten wir uns davon überzeugen, dass für die vier Hauptabfallströme die entsprechenden Korrekturfaktoren zur Neuverteilung der Plutoniummassen verwendet wurden.

Umrechnung der Kernbrennstoffmassen in die entsprechenden Aktivitäten

Nach der Reduzierung der Kernbrennstoffmassen und der Neuverteilung der Plutoniummassen auf die Hauptabfallströme werden anhand der so ermittelten Uran- bzw. Plutoniumgesamtmasse die einzelnen Radionuklidaktivitäten berechnet. Hierzu werden zunächst die einzelnen Isotopenmassen der Kernbrennstoffe anhand der Gesamtkernbrennstoffmasse in Verbindung mit den WAK-Kampagnen-spezifischen



Uran- bzw. Plutonium-Nuklidvektoren bestimmt und anschließend die jeweilige Aktivität berechnet.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die Umrechnung der Kernbrennstoffmassen in die entsprechenden Einzelnuklid-Aktivitäten ordnungsgemäß erfolgt.

Zusammenfassend hat unsere stichprobenweise Prüfung ergeben, dass die Berechnungsroutine für die Abfälle des FZK entsprechend den Angaben im GSF-Bericht 2002 /U-5/ im PAI implementiert wurde und die Parameter ordnungsgemäß herangezogen werden.

3.3.2 Berechnungsroutine für Abfälle aus den Kernkraftwerken (KKW)

Die Berechnungsroutine „KKW“ wird gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ für Kernkraftwerksabfälle, die aus Siedewasser- oder Druckwasserreaktoren stammen und direkt von den Kernkraftwerken oder über Dritte abgeliefert wurden, verwendet. Die Berechnungsroutine wurde aber auch für nicht KKW-Ablieferer verwendet, wenn die Abfälle dieser Ablieferer ganz oder teilweise wie KKW-Abfälle eingestuft werden konnten.

Für die Aktivitätsbestimmung von KKW-Abfällen wurde für die vier übergeordneten Abfallgruppen (Filter, Metalle, Bauschutt und Mischabfälle) und die beiden Reaktortypen SWR und DWR jeweils ein Nuklidvektor mit Hilfe der GNS /U-10/ festgelegt. Die acht Nuklidvektoren (SWR1 bis SWR4 und DWR1 bis DWR4) wurden in die Tabelle „ISS KKW Nuklidvektoren GNS“ aufgenommen. Zusätzlich zu den SWR- und DWR-Nuklidvektoren wurden für Abfälle unbekanntem Reaktortyps die Vektoren URT1 bis URT4 vorgesehen.

Im Modul „Ablieferer KKW“ erfolgt die Bestimmung der Einzelnuklidaktivitäten durch:

- Festlegung des Reaktortyps (SWR, DWR oder URT)
- Festlegung der Abfallgruppe (Filter, Metalle, Bauschutt und Mischabfälle)
- Berechnung der Einzelnuklidaktivität durch Multiplikation der Gesamtaktivität der Charge mit den Aktivitätsanteilen der jeweiligen Radionuklide aus dem Nuklidvektor.

Durch den Reaktortyp und die Abfallgruppe wird der Nuklidvektor festgelegt. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Zuordnung zum Nuklidvektor anhand des festgelegten Reaktortyps (z. B. im Modul „Ablieferer KKW“) und dem Feld „Abfallart1“ für die in der Tabelle „Chargen-mod“ aufgeführten Abfallarten anforderungsgerecht erfolgt. Abfallarten, die im Modul „Ablieferer KKW“ keiner Abfallgruppe explizit zugeordnet wurden, werden automatisch der Abfallgruppe „Mischabfall“ zugeordnet.

Des Weiteren hat unsere Prüfung gezeigt, dass bis auf den Ablieferer „VAK“ die Einteilung der Reaktortypen mit den Angaben in der Tabelle „Ablieferer“ überein-



stimmt. Da die Einteilung in der Tabelle „Ablieferer“ nicht für Berechnungen herangezogen wird, ist dies für die Aktivitätsberechnung nicht von Bedeutung.

Unsere stichprobenweise Prüfung hat gezeigt, dass die Verhältnisse der Radionuklide zur Gesamtaktivität zum Ausfertigungsdatum der Begleitlisten mit den Verhältnissen in der Tabelle 2.20 „Nuklidvektoren (in Bq/Bq Gesamtaktivität) der KKW Abfallgruppen“ im GSF-Bericht 2002 /U-5/ übereinstimmen. Wie im GSF-Bericht beschrieben, erfolgte zum Einlagerungszeitpunkt der einzelnen Abfallchargen keine Zerfallskorrektur. Der entsprechend dem Reaktortyp und Abfallart festgelegte Nuklidvektor wird zur Berechnung der Einzelaktivitäten anforderungsgerecht verwendet.

Für Abfälle eines unbekanntes Reaktortyps werden die Nuklidvektoren URT1 bis URT4 im Modul „Ablieferer KKW“ aus dem jeweiligen höheren Wert der SWR- und DWR-Abfallgruppen-Nuklidvektoren gebildet (If-Then-Else-Anweisung). Unsere Prüfung hat gezeigt, dass für die Berechnung der Einzelnuklidaktivität für die Abfälle eines unbekanntes Reaktortyps der jeweils höchste Aktivitätsanteil verwendet wird.

Radionuklide, deren Aktivität zum Stichtag weniger als 1 Bq pro Abfallcharge beträgt, werden entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ beim Aktivitätsinventar nicht berücksichtigt. Von dieser Vorgehensweise haben wir uns stichprobenweise überzeugt.

Zusammenfassend hat unsere stichprobenweise Prüfung ergeben, dass anhand der Abfallart in der Tabelle „Chargen-mod“ und dem Reaktortyp der entsprechende Nuklidvektor gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ richtig ausgewählt wird. Anhand der mittleren Aktivität eines Abfallgebundes einer Charge, der Anzahl an Abfallgebunden pro Charge und den KKW-Nuklidvektoren werden die Einzelnuklidaktivitäten zum Ausfertigungstag anforderungsgerecht berechnet.

3.3.3 Berechnungsroutine für die Bestimmung der Uranaktivitäten

Aufgrund der vielfältigen Angaben zum Urangehalt auf den Begleitlisten wurden verschiedene Berechnungsroutinen zur Bestimmung der Uranaktivität im PAI-Modul „Aktivitätsberechnung Kernbrennstoff“ implementiert:

- Uranisotopenmassen aus der U-235-Masse bzw. der Urangesamtmasse (natürliches Isotopenverhältnis oder Isotopenverhältnis von 0,3 % U-235)
- Uranisotopenmassen aus der angegebenen Chargen-Aktivität
- Aktivität der Uranisotope aus den berechneten Uranisotopenmassen
- Uranisotopenmassen aus der maximalen Urankontamination oder der maximalen Uranmasse (g/Gebinde).

In den verschiedenen PAI-Modulen (s. Tabelle 3) wird für die einzelnen Abfallchargen der Ablieferer festgelegt, welche der o. g. Berechnungsroutinen für die Bestimmung der Uranaktivität anzuwenden ist. Für einzelne Ablieferer (z. B. KRT oder FRM) werden an anderen Stellen der Module noch zusätzliche Daten manuell ergänzt (siehe hierzu Kapitel 3.4).

Generell werden bei den o. g. Berechnungsroutinen die Uranisotope U-234, U-235 und U-238 betrachtet und aus den jeweiligen Massen die Aktivität der einzelnen Uranisotope berechnet.

Uranisotopenmassen aus der U-235 Masse bzw. den Urangesamtmassen

Bei der Berechnung der Uranisotopenmassen aus den in der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ angegebenen Uranmassen (z. B. U-235, U_{abger} , UO_2) wird entweder das natürliche Isotopenverhältnis (U-234: 0,0057 %, U-235: 0,72 % und U-238: 99,27 %) oder das Isotopenverhältnis von 0,005 % U-234, 0,3 % U-235 und 99,7 % U-238 angesetzt. Aus den Isotopenverhältnissen werden feste Umrechnungsfaktoren bestimmt und im Modul „Aktivitätsberechnung Kernbrennstoff“ hinterlegt. Die verwendeten Umrechnungsfaktoren stimmen unter Berücksichtigung von Rundungsungenauigkeiten mit unserer Bestimmung der Faktoren überein.

Uranisotopenmassen aus der angegebenen Chargen-Aktivität

Bei der Berechnung der Uranisotopenmassen aus der angegebenen Chargen-Aktivität wird zuerst die U-235-Masse berechnet und anschließend daraus die U-234- und die U-238-Masse. Hierbei wird eine natürliche Isotopenzusammensetzung angesetzt. Die verwendeten Umrechnungsfaktoren stimmen unter Berücksichtigung von Rundungsungenauigkeiten mit unserer Bestimmung der Faktoren überein.

Durch den Parameter im PAI-Eingabeformular „mAkt. auch auf U-Töchter umlegen?“ kann für die Berechnung ausgewählt werden, ob die mittlere Aktivität der Charge auch auf Urantöchter umgelegt werden soll. Die Umlegung erfolgt durch feste Faktoren im Modul „Aktivitätsberechnung Kernbrennstoffe“. Die verwendeten Umrechnungsfaktoren stimmen unter Berücksichtigung von Rundungsungenauigkeiten mit unserer Bestimmung der Faktoren überein.

Die Prüfung hat gezeigt, dass mit den festen Umrechnungsfaktoren die Uranisotopenmassen anforderungsgerecht aus der Chargen-Aktivität berechnet werden und bei entsprechender Parameter-Festlegung im PAI-Eingabeformular die Aktivitäten auf die Urantöchter umgelegt werden können. Hierbei haben wir festgestellt, dass einzelnen Urantöchtern (z. B. Th-231, Th-234 und Pa-234) keine Aktivität zugewiesen wird (siehe auch Kap. 3.5).

Im Bemerkungsfeld in der Tabelle „ISS-Kataster“ wird nicht festgehalten, ob die Berechnung mit oder ohne Umlegen der Aktivität auf die Urantöchter durchgeführt wurde. Im GSF-Bericht 2002 /U-5/ befinden sich hierzu keine Angaben. Bei der Prüfung der Uranmasse vom Ablieferer NUKEM zeigte sich, dass die Berechnung der Uranisotopenaktivitäten und –massen konservativ ohne vorheriges Umlegen der angegebenen Chargenaktivität auf die Urantöchter durchgeführt wurde.

Uranisotopenmassen aus der maximalen Urankontamination oder der maximalen Uranmasse (g/Gebinde)

Die Berechnungsprozeduren unter Verwendung der maximalen Urankontamination bzw. der maximalen Uranmasse werden entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/



gewählt, wenn für die Abfallcharge Uran deklariert wurde, jedoch keine Aktivitätsangaben oder nur Aktivitätsangaben mit dem Verhältniszeichen „<“ angegeben wurden.

Die Festlegung der Berechnung mit maximaler Uranmasse oder maximaler Urankontamination erfolgt gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ anhand der auf den Einlagerungsdokumenten aufgeführten Abfallbezeichnungen.

Im PAI-Eingabeformular können mit den Parametern „max U-Kontamination (g/Gebinde)“ bzw. „max. U-Gehalt (g/Gebinde)“ je eine Masse pro Gebinde festgelegt werden. Gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ werden die angenommenen Maximal- und Kontaminationsmassen von Uran durch Vergleich mit ähnlichen Abfallchargen mit detaillierten Aktivitätsangaben ermittelt. Für die maximale Urankontamination wurde 50 g/Gebinde und für die maximale Uranmasse 1,00E+05 g/Gebinde festgelegt.

Die Prüfung hat ergeben, dass anhand der o. g. variablen Parameter und der natürlichen Isotopenverteilung für die entsprechenden Chargen die Uranmassen bzw. die Uranaktivitäten anforderungsgerecht berechnet werden. Des Weiteren hat unsere Prüfung gezeigt, dass die Berechnungsroutine über die maximale Uranmasse standardmäßig für keine Abfallcharge verwendet wird.

Zusammenfassend hat unsere Prüfung ergeben, dass die für die Berechnung der Aktivitäten der Uranisotope U-234, U-235 und U-238 verwendeten festen Faktoren und die frei wählbaren Parameter anforderungsgerecht in den Berechnungsroutinen verwendet werden. Die Berechnungsroutinen sind so ausgeführt, dass aus den Angaben zur Uranmasse bzw. der mittleren Uranaktivität die Aktivitäten der einzelnen Uranisotope korrekt bestimmt werden.

3.3.4 Berechnungsroutine für die Bestimmung der Plutoniumaktivitäten

Zur Berechnung der Plutoniumaktivität aus den angegebenen Plutoniummassen werden die entsprechenden Masseangaben aus der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ verwendet. Die Berechnungsroutine „Plutonium“ ist ein Bestandteil des Moduls „Aktivitätsberechnung Kernbrennstoff“.

Die Berechnung erfolgt ohne eine definierte Zusammensetzung hinsichtlich der verschiedenen Plutoniumisotope. Für nicht näher spezifizierte Plutoniummassen wird ausschließlich das Isotop Pu-239 angesetzt. Unsere Prüfung hat ergeben, dass aus den in der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ angegebenen Plutoniummassen die Plutoniumisotopenaktivitäten korrekt bestimmt werden.

3.3.5 Berechnungsroutine für die Bestimmung der Radiumaktivitäten

Entsprechend dem GSF-Bericht 2000 /U-6/ wurde nach der Eingabe der Daten für die radiumhaltigen Chargen festgestellt, dass die Angaben nicht ausreichen, um die Gesamtaktivität des eingelagerten Radiums direkt zu berechnen. Aus diesem Grund wurde die Tabelle „Radium“ für die radiumhaltigen Chargen angelegt. Anhand verschiedener Kriterien wurde in der Tabelle „Radium“ im Feld „mAktiv-Ra-festg“ eine mittlere Aktivität festgelegt.

Die Berechnung der Radiumisotope Ra-224, Ra-226 und Ra-228 erfolgt anhand der mittleren Aktivität und der Anzahl der Gebinde. Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die Berechnung gemäß GSF-Bericht 2000 /U-6/ durchgeführt wird. Es ergaben sich keine Beanstandungen.

3.3.6 Berechnungsroutine für die Bestimmung der Thoriumaktivitäten

Aufgrund der vielfältigen Angaben zum Thoriumgehalt auf den Begleitlisten wurden verschiedene Berechnungsprozeduren zur Bestimmung der Thoriumaktivität im Modul „Kernbrennstoff“ implementiert.

- Th-Aktivität aus der angegebenen Thoriummasse
- Th-Masse aus der Anzahl der Glühstrümpfe
- Th-Masse aus der Summe der Uranmassen
- Th-Masse aus maximalem Th-Gehalt (g/Gebinde)

Im GSF-Bericht 2002 /U-5/ ist beschrieben, dass die Angaben „Th-nat“, „Th“ und „Thorium“ grundsätzlich als Th-232 interpretiert und entsprechend berechnet werden. Gemäß der Präsentation /U-7/ und dem Bericht 2010 /U-8/ wurde die Berechnung des Thoriums in der Datenbank ASSEKAT Version 9.2 umgestellt (siehe hierzu Kapitel 3.7).

Die Umsetzung der Festlegung, dass alle unspezifizierten Nennungen von Thorium als Th-232 interpretiert werden, erfolgt im PAI dadurch, dass in der Tabelle „Nuklide“ im Feld „Nuklid-modbyISS“ das Th-232 ergänzt wurde. Des Weiteren werden die unspezifizierten Nennungen von Thorium in der Tabelle „Kernbrennstoffe“ beim Übertrag in die von ISS modifizierte Tabelle „Kernbrennstoffe“ in Th-232 umgewandelt. Die Tabelle „Thorium“ wird für die Berechnung nicht verwendet.

Für das Thorium sind keine Isotopenverhältnisse festgelegt. Neben dem Th-232 wird nur noch das Thoriumisotop Th-228 berechnet, da dieses als Einzelradionuklid auf einem Einlagerungsdokument deklariert wurde.

Th-Aktivität aus der angegebenen Thoriummasse

Bei der Berechnung der Thoriumaktivität aus der angegebenen Thoriummasse werden die Th-232-Massen aus der Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ verwendet. Die Überprüfung hat gezeigt, dass die Th-232-Aktivität korrekt aus der Th-232-Masse berechnet wird.

Th-Aktivität aus der Anzahl der Glühstrümpfe

Für die Berechnung der Th-Aktivität aus der Anzahl der Glühstrümpfe des Ablieferers HMI kann im PAI-Eingabeformular mit dem Parameter „Th-232 in Glühstrumpf-Abf. mCi/Gebinde“ eine Aktivität pro Gebinde angegeben werden. Für die Berechnung der Th-232-Aktivität wird dieser feste Wert mit der Anzahl der Gebinde pro Charge multipliziert. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnung anforderungsgerecht durchgeführt wird.

Th-232-Massen aus der maximalen Thoriumkontamination oder der maximalen Thoriummasse (g/Gebinde)

Entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ werden die Berechnungsprozeduren „maximale Thoriumkontamination“ bzw. „maximale Thoriummasse“ gewählt, wenn für die Abfallcharge Thorium deklariert wurde, jedoch keine Aktivitätsangaben oder nur Aktivitätsangaben mit dem Verhältniszeichen „<“ angegeben wurden.

Die Festlegung, ob die Berechnung mit maximaler Thoriummasse oder maximaler Thoriumkontamination durchgeführt wird, erfolgt gemäß dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ anhand der auf den Einlagerungsdokumenten aufgeführten Abfallbezeichnungen.

Im PAI-Eingabeformular kann mit den Parametern „max Th-Kontamination (g/Gebinde)“ bzw. „max. Th-Gehalt (g/Gebinde)“ je eine Masse pro Gebinde festgelegt werden. Gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ wurden die angenommenen Maximal- und Kontaminationsmassen durch Vergleich mit ähnlichen Abfallchargen mit detaillierten Aktivitätsangaben ermittelt. Für die maximale Thoriumkontamination wurde 50 g/Gebinde und für die maximale Thoriummasse 1,00E+05 g/Gebinde festgelegt.

Die Prüfung hat ergeben, dass anhand der o. g. variablen Parameter für die entsprechenden Chargen die Th-232-Massen bzw. die Th-232-Aktivitäten anforderungsgerecht berechnet werden. Des Weiteren hat unsere Prüfung gezeigt, dass die Berechnungsroutine über die maximale Thoriummasse derzeit für keine Abfallcharge verwendet wird.



Berechnung der Th-232-Masse aus der Summe der Uranmassen

Wurden für eine Charge Uran/Thorium-Verbindungen deklariert, so wurde aus der deklarierten Aktivität die entsprechende Masse von U-234, U-235 und U-238 berechnet und die Thoriummasse mit der Gesamturanmasse gleichgesetzt. Die Prüfung hat ergeben, dass die Th-232-Masse und die daraus resultierende Th-232-Aktivität korrekt berechnet wird.

Zusammenfassend hat unsere Prüfung ergeben, dass die Berechnungsroutinen gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ im PAI implementiert sind und die aus den Angaben zur Thoriummasse bzw. der Thoriumaktivität berechnete Aktivität des Th-232 korrekt erfolgt.

3.3.7 Berechnungsroutine für die Einzelnuclidaktivitäten

Bei der Berechnung von Einzelnuclidaktivitäten sind im PAI folgende Berechnungsprozeduren vorgesehen:

- Einzelnuclidaktivität aus den Aktivitätsangaben in der Tabelle „Nuklide“
- Einzelnuclidaktivität aus den Aktivitätsangaben in der Tabelle „Begleitlisten-mod“
- Berechnung der Markierungsnuklide (H-3, C-14, P-32 und S-35)
- Radionuclid-Quellen

Einzelnuclidaktivität aus den Aktivitätsangaben in der Tabelle „Nuklide“

Die auf den Einlagerungsdokumenten angegebenen Radionuklide sind in der Tabelle „Nuklide“ erfasst. Sofern einem Radionuclid direkt ein mittlerer Aktivitätswert zugewiesen werden konnte, wurde dieser Aktivitätswert in der Tabelle „Nuklide“ erfasst. Die Aktivität dieses Radionuklids wird durch Multiplikation der Aktivität mit der Gebindeanzahl der Charge berechnet. Dies ist nur für einen geringen Anteil der erfassten Radionuklide der Fall (ca. 150 Nennungen, davon 75 Nennungen von Radium). Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnung für die Radionuklide, deren Aktivität in der Tabelle „Nuklide“ angegeben wurde, ordnungsgemäß durchgeführt wird.

Einzelnuclidaktivität aus den Aktivitätsangaben in der Tabelle „Begleitlisten-mod“

Die auf den Einlagerungsdokumenten angegebenen Radionuklide sind in der Tabelle „Nuklide“ erfasst und die angegebene mittlere Aktivität ist in der Tabelle „Begleitlisten-mod“ erfasst, sofern diese nicht direkt einem Radionuclid zugeordnet werden kann. Zur Berechnung der aufgeführten Radionuklide wird die angegebene Aktivität zu gleichen Teilen auf die Radionuklide aufgeteilt. Mit dem Parameter auf dem Eingabeformular „Umlegung der mittleren Aktivität auf Einzelnuclide (konservativ)“ wird festgelegt, ob zur Berechnung der angegebenen Radionuklide immer die gesamte



Aktivität herangezogen wird. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnung für die Radionuklide, deren Aktivität in der Tabelle „Begleitlisten-mod“ angegeben wurde, ordnungsgemäß durchgeführt wird.

Berechnung der Markierungsnuklide (H-3, C-14, P-32 und S-35)

Mit dem Parameter auf dem Eingabeformular „Markierungselemente (H-3, C-14, P-32, S-35) konservativ“ kann festgelegt werden, ob für die Radionuklide H-3, C-14, P-32 und S-35 die Berechnung als Markierungselement durchgeführt werden soll. Dieser Parameter wird für die aktuelle Aktivitätsberechnung nicht verwendet.

Radionuklid-Quellen

Durch die Berechnungsroutine „Quellen“ wird eine Einzelnuclidaktivität für eine Radionuklid-Quelle berechnet. Hierfür werden im Programmcode als manuelle Eingabe (siehe Kapitel 3.4) für die entsprechende Charge das Radionuklid und die Aktivität in Curie angegeben. Anschließend erfolgt die Aktivitätsberechnung für das Radionuklid der Quelle. Unsere Überprüfung hat gezeigt, dass die Berechnung der Aktivität der Radionuklidquellen ordnungsgemäß erfolgt.



3.4 Plausibilität von manuell zugewiesenen Werten bzw. Berechnungen

Neben den bereits erläuterten Berechnungsroutinen werden im Programmcode für einzelne Chargen bestimmter Ablieferer auch manuelle Werte zugewiesen (siehe Tabelle 5). Bei den manuellen Werten handelt es sich um Aktivitätswerte einzelner Radionuklide und Radionuklid-Quellen, Uran- und Thorium-Massen sowie Uran-Isotopenverhältnisse. Anschließend werden mit den manuell zugewiesenen Werten die bereits beschriebenen Berechnungsroutinen durchgeführt.

Gemäß dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ wurden den deklarierten Aktivitäten bei einigen Abfallchargen wegen nicht ausreichender Informationen zur Nuklidzusammensetzung keine eindeutigen Radionuklide zugeordnet. Dies erfolgte dadurch, dass den entsprechenden Chargen bestimmter Ablieferer manuell keine Berechnungsroutine zugeordnet wurde (siehe Tabelle 5). Damit werden diese Chargen bei der Bestimmung des Aktivitätsinventars mit dem PAI nicht berücksichtigt.

Tabelle 5: Ablieferer mit Chargen von Abfallgebinden, denen im PAI im Programmcode manuell Werte zugewiesen oder die bei der Berechnung des Aktivitätsinventars nicht berücksichtigt werden.

Kürzel	Chargen mit manuell zugewiesenen Werte			Chargen ohne Berechnungs-routinen
	Aktivität / Rad. Quelle	U-/Th-Masse	U-Isotopen-verhältnis	
AB	X	-	-	-
AEG, FSR	-	-	-	-
AEG, GWhm	-	-	-	-
Asse	-	-	-	-
Buchler	-	-	-	-
BW	-	-	-	-
Conradty	-	X	-	-
FRM	-	X	-	X
FZK	-	-	-	X
GKSS	X	X	X	X
GNS	-	-	-	-
GNT	-	-	-	-
GSF, Han	X	-	-	X
GSF, Nhg	X	-	-	X
HMI	X	-	-	X
Hoechst	X	-	-	X
KFA	-	-	-	X
KKB	-	-	-	-
KKS	-	-	-	-
KKU	-	-	-	-
KRB	-	-	-	-
KRT	-	-	X	-
KWL	-	-	-	-
KWO	-	-	-	-
KWU, Erlangen	X	X	-	-
KWU, GWhm	-	-	-	-
KWU, Karlstein	X	X	-	-
KWW	-	-	-	-
MP	X	-	-	-
NUKEM	X	X	-	X
RBU	-	X	-	X
RWE	-	-	-	-
Siemens	-	-	-	X
Steag	-	-	-	-
TN	-	X	-	X
VAK	-	-	-	-



3.4.1 Chargen mit manuell zugewiesenen Werten

Nachfolgend haben wir für die verschiedenen Ablieferer den Programmcode im PAI hinsichtlich manueller Zuweisungen überprüft. Hierbei wurden die im Programmcode für bestimmte Chargen manuell festgelegten Aktivitätswerte, Isotopenverhältnisse oder Massen mit den entsprechenden Angaben in den Einlagerungsdokumenten (z. B. Begleitlisten) verglichen.

Für den **Ablieferer AB** wurde im Modul „Ablieferer die Kleinen“ (Begleitliste Id-Nr. 2903) eine Co-60 Quelle mit 20 Ci ergänzt.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass der o. a. im Programmcode manuell festgelegte Wert der Begleitliste entspricht.

Für den **Ablieferer Conradty** wurde im Modul „Ablieferer die Kleinen“ (Fragebogen Id-Nr. 293) eine Thoriummasse von 688 kg Th-232 ergänzt. Die Th-232-Masse wurde aus der Masse der ThF₄-Verbindung berechnet und gleichmäßig auf die sechs Gebinde der Begleitliste verteilt.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die im Programmcode manuell festgelegte Thoriumfluoridmasse mit den Angaben des ergänzenden Schriftverkehrs (Schreiben C. Conradty vom 08.02.1968) übereinstimmt.

Für den **Ablieferer FRM** wurde im Modul „Ablieferer die Kleinen“ (Begleitliste Id-Nr. 2384) eine U-235-Masse von 15 g ergänzt.

Die U-235-Masse wurde in die Tabelle „Kernbrennstoffe-mod“ aufgenommen, bleibt aber durch die für die Charge festgelegten Berechnungsroutinen unberücksichtigt. Die im Programmcode manuell festgelegte Masse an U-235 von 15 g stimmt mit den Angaben auf der Begleitliste „je 5 g U-235“ für drei Fässer überein. Durch die manuelle Eingabe wird die U-235-Masse bzw. Aktivität den drei Abfallgebinden der Charge 14285 (Lfd-Fassnummer 118-120) anstelle der Charge 14284 (Lfd-Fassnummer 121-123) zugeordnet. Wir empfehlen, dies im Programmcode zu ändern (E 2).



Für den **Ablieferer GKSS** wurde im Modul „Ablieferer GKSS“ (MAW-Begleitlisten Id-Nr. 15 bis 17) ein Isotopenverhältnis von 5,4 % U-235 und 94,6 % U-238 festgelegt. Die U-234-Masse wurde mit 0,075 % aus der Summe der U-235- und U-238-Masse berechnet.

Auf der MAW-Begleitliste Id-Nr. 17 wird entgegen dem im Programmcode manuell festgelegten Wert von 5,4 % ein Anreicherungsgrad von 5,1 % angegeben. Das im Programmcode angegebene Isotopenverhältnis ist daher anhand der uns derzeit vorliegenden Unterlagen nicht nachvollziehbar. Wir empfehlen, die Vorgehensweise zur Festlegung des U-Isotopenverhältnisses für die o. a. GKSS-Abfälle zu erläutern und ggf. zu korrigieren (E 3).

Des Weiteren wurden im Modul „Ablieferer GKSS“ (Fragebogen Id-Nr. 333) für drei radioaktive Quellen (Co-60, Sr-90) Aktivitätswerte zugeordnet.

Die im Programmcode manuell festgelegten Aktivitäten der radioaktiven Quellen wurden nachvollziehbar aus den Unterlagen (Auflistung zur 4. Versuchseinlagerung niedrig aktiver Abfälle im Salzbergwerk Asse am 9. März 1971) übertragen.

Des Weiteren wurde im Modul „Ablieferer GKSS“ für die Charge 1989 eine Uranmasse von 150 kg ergänzt.

Die im Programmcode manuell festgelegte Uranmasse ist anhand des GKSS-Schreibens vom 23.05.1973 nachvollziehbar.

Für den **Ablieferer GSF-Han** wurde im Modul „Ablieferer die Kleinen“ (Begleitliste Id-Nr. 2957) eine Th-232-Aktivität von 7,03 mCi und eine Ra-226-Aktivität von 7,03 mCi ergänzt.

Die im Programmcode manuell festgelegten Aktivitäten für Th-232 und Ra-226 wurden nachvollziehbar auf konservative Weise von den Angaben auf der Begleitliste übertragen. Das Uran hingegen wird mit der Berechnungsprozedur „Akt_Unat_aus_Akt_Charge“ bestimmt. Die Vorgehensweise bei der Bestimmung ist nachvollziehbar.



Für den **Ablieferer GSF-Nhg** wurde im Modul „Ablieferer GSF Nhg“ (Begleitliste Id-Nr. 2019) für eine Radium-Quelle ein Aktivitätswert zugeordnet.

Die im Programmcode manuell festgelegte Aktivität der radioaktiven Quelle ist anhand der Begleitliste Id-Nr. 2019 nachvollziehbar.

Für den **Ablieferer HMI** wurde im Modul „HMI“ (Begleitliste Id-Nr. 2136) eine Cs-137 Quelle mit 0,2 Ci ergänzt.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass der o. a. im Programmcode manuell festgelegte Wert dem der Begleitliste entspricht.

Für den **Ablieferer Höchst** wurden im Modul „Ablieferer die Kleinen“ (Begleitliste Id-Nr. 2961) für zwei radioaktive Quellen (Co-60, Cs-137) Aktivitätswerte ergänzt.

Die im Programmcode manuell festgelegten Aktivitäten der radioaktiven Quellen sind anhand der Begleitliste 2961 nachvollziehbar.

Für den **Ablieferer KRT** wurde im Modul „Ablieferer die Kleinen“ (Fragebogen Id-Nr. 294) für U-234/U-235 ein Massenverhältnis von 0,033 und für U-238/U-235 ein Verhältnis von 332,3 festgelegt.

Hinsichtlich der im Februar 1968 eingelagerten Abfallgebinde und den hierbei von KRT an EURATOM gemeldeten Massen an elementarem Uran und U-235 (gemäß Unterlagen zum Fragebogen Id-Nr. 294) sind die im Programmcode manuell festgelegten Isotopenverhältnisse als hinreichend nachvollziehbar und plausibel zu bewerten.

Für den **Ablieferer KWU, Erlangen** wurden im Modul „Ablieferer AEG/KWU“ (Begleitliste Id-Nr. 3034 und 3036) radioaktiven Quellen (Co-60, Sr-90) Aktivitätswerte zugeordnet.

Die im Programmcode manuell festgelegten Aktivitäten der radioaktiven Quellen sind anhand der Begleitlisten nachvollziehbar.



Des Weiteren wurden für den Ablieferer KWU, Erlangen im Modul „Ablieferer AEG/KWU“ (Begleitliste Id-Nr. 3036) U-235- und U-238-Massen bzw. für die Position 281 der Begleitliste Id-Nr. 3036 (Charge 19668) eine Uranmasse ergänzt.

Die im Programmcode manuell festgelegten Massen sind durch die entsprechenden Angaben auf der Begleitliste nachvollziehbar. Lediglich bei der Position 281 der Begleitliste Id-Nr. 3036 wird eine Uranmasse anstelle einer U-235-Masse im Programmcode ergänzt. Dies ist anhand der Begleitliste nicht nachvollziehbar. Wir empfehlen, die Vorgehensweise zur Festlegung der Uranmasse für Position 281 der Begleitliste Id-Nr. 3036 zu erläutern und ggf. zu korrigieren (E 4).

Für den **Ablieferer KWU, Karlstein** wurden im Modul „Ablieferer AEG/KWU“ (Begleitliste Id-Nr. 3022) für zwei radioaktive Quellen (Cs-137) Aktivitätswerte zugeordnet.

Die im Programmcode manuell festgelegten Aktivitäten der radioaktiven Quellen sind anhand der Angaben auf der Begleitliste Id-Nr. 3022 nachvollziehbar.

Des Weiteren wurden für den Ablieferer KWU, Karlstein im Modul „Ablieferer AEG/KWU“ (Begleitliste Id-Nr. 3022 und 3023) Uranmassen ergänzt.

Die im Programmcode manuell festgelegten Uranmassen sind anhand der Angaben in den Nuklearlieferscheinen der KWU vom 13.10.1978 und 15.12.1978 nachvollziehbar.

Für den **Ablieferer MP** wurden im Modul „Ablieferer MP“ (Begleitliste Id-Nr. 3041) für drei radioaktive Quellen (Sr-90, Co-60, Am-241) Aktivitätswerte ergänzt.

Die im Programmcode manuell festgelegten Aktivitäten der Am-241- und Sr-90-Quellen sind anhand der Angaben in der Begleitliste Id-Nr. 3041 nachvollziehbar. Bei der im Programmcode manuell festgelegten Aktivität der Co-60-Quelle handelt es sich gemäß der Begleitliste Id-Nr. 3041 um eine Cs-137-Quelle. Wir empfehlen, diesen Wert im Programmcode zu ändern (E 5).



Für den **Ablieferer NUKEM** wurden im Modul „Ablieferer Nukem“ (Begleitliste Id-Nr. 2829) für zwei radioaktive Quellen (Co-60, Cs-137) Aktivitätswerte ergänzt.

Die im Programmcode angegebenen Aktivitäten der radioaktiven Quellen sind anhand der Angaben in der Begleitliste Id-Nr. 2829 nachvollziehbar.

Des Weiteren wurde für den Ablieferer NUKEM im Modul „Ablieferer Nukem“ (Begleitliste Id-Nr. 3050) eine Uranmasse von 18,7 Mg ergänzt.

Die im Programmcode manuell festgelegte Uranmasse von 18,7 Mg ist anhand der Angaben im Schriftverkehr (NUKEM-Schreiben vom 29.09.1978) nachvollziehbar.

Für den **Ablieferer RBU** wurden im Modul „Ablieferer die Kleinen“ (Begleitlisten Id-Nr. 2377, 2380, 2872 und 2873) Uran- bzw. U-235-Massen pro Gebinde ergänzt.

Auf der Begleitliste Id-Nr. 2377 wurde eine UO₂-Masse von max. 10 g angegeben. Im Programmcode wurde die Uranmasse mit einem Wert von 8,815 g manuell ergänzt. Die Massenangabe im Programmcode ist nachvollziehbar, da es sich hierbei um die Masse des Uranelements und nicht des Uranoxids handelt.

Auf der Begleitliste Id-Nr. 2380 wurde sowohl eine Gesamtmasse (2275,7 kg) an Uran als auch eine Masse pro Behälter (50,5 kg) angegeben. Die Gesamtmasse beträgt 3,2 kg mehr als die Summe der Einzelmassen pro Behälter. Im Programmcode wurde die Masse pro Behälter zur Berechnung manuell festgelegt, womit die auf der Begleitliste angegebene Masse um 3,2 kg unterschritten wird. Wir empfehlen, die Vorgehensweise zur Berechnung der Uranmasse dahingehend zu korrigieren, dass konservativ die Gesamtmasse zur Berechnung herangezogen wird (E 6).

Die im Programmcode für die Begleitlisten Id-Nr. 2872 und 2873 manuell festgelegten U-235-Massen sind anhand der Angaben auf den Begleitlisten nachvollziehbar.



Für den **Ablieferer TN** wurde im Modul „TN“ (Begleitliste Id-Nr. 2510) eine Uranmasse von 20 g U-235 ergänzt.

Anhand der TN-Schreiben vom 05.10.1971 und 25.11.1971 ist die Ergänzung der U-235-Masse für die o. g. Begleitliste nachvollziehbar. In diesen Schreiben wird eine U-235-Masse von 20 g pro Fass angegeben. Aus der Anzahl der Gebinde (22 Stück) ergibt sich jedoch eine Gesamtmasse von 440 g U-235. Wir empfehlen, die U-235-Masse im Programmcode entsprechend zu korrigieren (E 7).

3.4.2 Chargen ohne Berechnungsroutinen

Für Abfallgebinde einiger Ablieferer wurden entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ auf Grund mangelnder Informationen zur Nuklidzusammensetzung keine Berechnungsroutinen zugewiesen. Damit werden diese Abfallgebinde bei der Bestimmung des Aktivitätsinventars mit dem PAI nicht berücksichtigt.

In der Tabelle 6 sind für die Ablieferer mit Chargen ohne zugewiesenen Berechnungsroutinen die nicht ausgewerteten Aktivitäten (siehe auch Tabelle 3.3 des GSF-Bericht 2002 /U-5/) dargestellt. Bei den Aktivitäten handelt es sich um die auf den Primärdokumenten angegebenen Aktivitäten in Ci bezogen auf den jeweiligen Einlagerungszeitraum (mittlere Aktivität gemäß Tabelle „Chargen-mod“). Diesen Aktivitätsangaben haben wir für die verschiedenen Ablieferer die entsprechende Anzahl von Abfallgebinden zugeordnet.

Tabelle 6: Nicht ausgewertete Aktivitäten und Anzahl der Abfallgebinde für die Ablieferer mit Chargen ohne Berechnungsroutinen

Ablieferer	Chargen ohne Berechnungsroutinen	
	Nicht ausgewertete Aktivität [Ci]*	Anzahl der Abfallgebinde
Asse	0	14
FRM	5,25	137
GFK	107	5086
GKSS	27,4	1647
GSF, Han	2,0	107
GSF, Nhg	12,4	1641
HMI	65,6	826
Hoechst	10,2	310
KFA	3,62	499
MP	2,96	80
NUKEM	10,1	178
RBU	0,02	18
Siemens	13,6	41
TN	46	551
Summe	307	11135

* Aktivität bezogen auf den jeweiligen Einlagerungszeitraum (mittlere Aktivität gemäß Tabelle „Chargen-mod“)



Unsere Prüfung hat ergeben, dass die in o. g. Tabelle 6 bzw. Tabelle 3.3 „Aktivitäten, die aufgrund mangelnder Informationen zur Nuklidzusammensetzung nicht ausgewertet werden konnten“ des GSF-Berichts 2002 /U-5/ genannten Aktivitäten bei der Berechnung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars im PAI nicht berücksichtigt werden.

In Bezug auf das Gesamtaktivitätsinventar der in der Asse eingelagerten Abfallgebinde ($2,11E+05$ Ci gemäß Primärdokumenten) wurden ca. 0,15 % nicht ausgewertet. Damit werden insgesamt 11.135 Abfallgebinde bei der Berechnung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars im PAI nicht berücksichtigt. Dies entspricht ca. 9 % der insgesamt 125.787 in der Asse eingelagerten Abfallgebinde. Zur abschließenden Bewertung dieser Vorgehensweise bei Berechnung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Asse verweisen wir auf die anderen Einzelbeauftragungen.

3.5 Berechnung des Aktivitätsinventars auf einen Stichtag

Nach der Berechnung der Einzelnuclidaktivitäten zum Ausfertigungstag der Begleitliste werden diese gemäß dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ auf den gewählten Stichtag umgerechnet. Dabei werden sowohl die Aktivitätsabnahme durch den radioaktiven Zerfall als auch der Aktivitätsaufbau einiger Nuklide aus Mutternukliden berücksichtigt.

Unsere stichprobenweise Prüfung hat gezeigt, dass die Berechnung der Aktivität der Radionuklide zum Stichtag, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschrieben, unter Berücksichtigung der Aktivität zum Ausfertigungstag der Begleitliste, der Zerfallskonstante (bez. aus der Halbwertszeit des Radionuklide) sowie dem Zeitraum zwischen dem Ausfertigungstag der Begleitliste und dem gewählten Stichtag erfolgt. Es ergaben sich keine Beanstandungen.

Im PAI werden gemäß GSF-Bericht 2002 /U-5/ für die fünf Radionuklide Pb-210, Ac-227, Th-228, Np-237 und Am-241 (siehe Tabelle 7) die Aufbaureaktionen aus den jeweiligen Müttern vom Ausfertigungstag der Begleitliste auf den Stichtag der Aktivitätsberechnung berücksichtigt.

Tabelle 7: Radionuklide deren Aufbaureaktionen im PAI berücksichtigt werden.

Berücksichtigte Radionuklide	Mutternuklid(e)
Pb-210	Ra-226
Ac-227	Pa-231
Th-228	U-232, Ra-228, Th-232
Np-237	Am-241, Pu-241
Am-241	Pu-241

Wir haben mit eigenen Berechnungen die angegebenen Aufbaureaktionen stichprobenweise für einige Chargen zu verschiedenen Stichtagen nachvollzogen und mit anderen Programmen (z. B. Excel, AVK) verifiziert. Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die in der Tabelle angegebenen Aufbaureaktionen anforderungsgerecht berechnet

werden. Darüber hinaus gehende Aufbaureaktionen bleiben im PAI unberücksichtigt. Zur abschließenden Bewertung verweisen wir auf die anderen Einzelbeauftragungen.

Des Weiteren werden die in der Tabelle 8 aufgeführten Radionuklide, die mit ihrer Mutter im Gleichgewicht stehen (Gleichgewichtstöchter), im PAI berücksichtigt.

Tabelle 8: Gleichgewichtstöchter mit dem jeweiligen Mutternuklid, die im PAI berücksichtigt werden.

Gleichgewichtstöchter	Mutternuklid	Faktor
Y-90	Sr-90	1
Ac-228	Ra-228	1
Ra-224, Rn-220, Po-216, Pb-212, Bi-212	Th-228	1
Tl-208	Th-228	0,362
Po-212	Th-228	0,638
Th-231	U-235	1
Th-227, Ra-223, Rn-219, Po-215, Pb-211, Bi-211, Tl-207	Ac-227	1
Th-234, Pa-234m	U-238	1
Rn-222, Po-218, Pb-214, Bi-214, Po-214	Ra-226	1
Bi-210, Po-210	Pb-210	1

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die in der Tabelle 8 angegebenen Gleichgewichtstöchter im PAI berücksichtigt und deren Aktivitäten anforderungsgerecht berechnet bzw. ausgegeben werden.



3.6 Ausgabe der berechneten Daten

Bei der Tabelle „ISS Kataster“ handelt es sich entsprechend der Präsentation /U-7/ um das „Inventar“, d. h. um das Aktivitätsinventar der Schachtanlage Asse II. In der Tabelle „ISS-Kataster“ werden nach jeder Berechnung die Einzelnuclidaktivitäten der im Formular „PAI“ gewählten Chargen gespeichert und die vorher berechneten Aktivitätswerte überschrieben. Darüber hinaus enthält die Tabelle „ISS-Kataster“ einige Felder, die Aufschluss über die verwendeten Berechnungsprozeduren geben. Im Feld „Bemerkung“ der Tabelle „ISS-Kataster“ werden mit Stichwörtern die verwendeten Berechnungsroutinen festgehalten.

Entsprechend dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ werden Radionuklide, deren Aktivität zum Stichtag weniger als 1 Bq pro Abfallcharge beträgt, nicht berücksichtigt. Im nuklidspezifischen Aktivitätsinventar sind Nuklide enthalten, deren Halbwertszeiten größer als die von Fe-55 (2,73 Jahre) sind. Kurzlebige Nuklide werden bei der Aktivitätsberechnung berücksichtigt, jedoch nicht im nuklidspezifischen Aktivitätsinventar aufgenommen.

Unsere Prüfung hat ergeben, dass die berechneten Aktivitätswerte aus den Berechnungsroutinen ordnungsgemäß in die Tabelle „ISS-Kataster“ übertragen werden. Durch die Auswahl des Feldes „Kataster“ in der Tabelle „ISS-Nuklide“ werden die Radionuklide festgelegt, deren Ergebnisse in der Tabelle „ISS Kataster“ gespeichert werden.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass, wie im GSF-Bericht 2002 /U-5/ beschrieben, Aktivitäten kleiner 1 Bq pro Charge nicht in der Tabelle „ISS-Kataster“ ausgegeben werden. Unabhängig von der Ausgabe von Aktivitäten kleiner 1 Bq pro Charge in der Tabelle „ISS-Kataster“ haben wir bei unserer Prüfung festgestellt, dass auch Aktivitätswerte kleiner 1 Bq pro Charge im PAI korrekt berechnet werden.

Zur Darstellung der Berechnungsergebnisse sind auf der Benutzeroberfläche einige Auswahlfelder festgelegt. Diesen Auswahlfeldern sind Abfragen hinterlegt, die die einzelnen Berechnungsergebnisse pro Charge zusammenfassen. Unsere Prüfung hat ergeben, dass die Berechnungsergebnisse mit den Abfragen korrekt dargestellt werden.



3.7 Änderungen im PAI (ASSEKAT Version 9.2)

Aufgrund der bereits durchgeführten Bewertungen der Aktivitätsinventarbestimmung durch BfS, TÜV Nord EnSys und ESK/SSK wurde die Datenbank ASSEKAT bzw. das PAI angepasst /U-8/.

Im Rahmen der Besprechung am 04.02.2010 /U-7/ haben wir die Datenbank ASSEKAT Version 9.2 erhalten. Entsprechend dem Bericht 2010 /U-8/ haben sich bei der Datenbank ASSEKAT Version 9.2 gegenüber der Version 9.1 (Basis für den Statusbericht des NMU vom September 2008) folgende Änderungen ergeben:

- Die Reduktion der Plutonium- und Uranmassen des FZ Karlsruhe wurde zurückgenommen.
- Kr-85 wurde als Katasternuklid aufgenommen.
- Die Th-230-Aktivität in thoriumhaltigen Abfällen wurde mit 50 % der Th-232-Aktivität abgeschätzt. Die Nachbildung von Ra-226 aus Th-230 zum Stichtag wird ebenfalls berücksichtigt.
- Der Aufbau von Ra-228 aus Th-232 wird berücksichtigt. Einige weitere (mehr oder weniger relevante) Aufbaureaktionen wurden ebenfalls aufgenommen.
- 15 g U-235 des FRM wurden mit dem korrekten Anreicherungsgrad ausgewertet.

Nachfolgend haben wir stichprobenweise geprüft, inwieweit die im Bericht 2010 /U-8/ angegebenen Änderungen in der Datenbank ASSEKAT Version 9.2 korrekt implementiert und umgesetzt wurden.

Reduktion der Plutonium- und Uranmassen des FZK

Die Reduktion der Plutonium- und Uranmassen des FZK erfolgte programmtechnisch in der ASSEKAT Version 8.0 durch Einführung von Korrekturfaktoren mit denen die Plutoniumgesamtmasse multipliziert wurde. Die Reduktion der Plutonium- und Uranmassen wurde durch Markierung der Programmzeile als Kommentar Außerkraft gesetzt. Des Weiteren wurde die Umverteilung der Plutoniummasse auf die vier Hauptabfallströme auf die gleiche Weise aufgehoben. Unsere Prüfung hat gezeigt,



dass die Plutonium- und Uranmassen des FZK ohne die Reduktion und ohne die Neuverteilung mit der ASSEKAT Version 9.2 korrekt berechnet werden.

Krypton Kr-85

Insgesamt wurden in der Asse acht Gebinde mit Kr-85-haltigen Geräten in der Kammer 12/750m eingelagert.

Das Radionuklid Kr-85 war bereits in der Datenbank ASSEKAT Version 8.0 in der Tabelle „ISS Nuklide“ als Radionuklid vorgesehen, aber nicht als Katasternuklid gekennzeichnet. Zur Aufnahme des Kr-85 in das Kataster wurde lediglich das Radionuklid Kr-85 in der Tabelle „ISS Nuklide“ als Katasternuklid gekennzeichnet. Für die Begleitliste Id-Nr 2032 des Ablieferers GSF-Nhg wird in beiden Datenbankversionen eine Kr-85 Aktivität von $8,0 \text{ E}12 \text{ Bq}$ berechnet. Das Radionuklid wurde ordnungsgemäß als Katasternuklid aufgenommen.

Durch die Auswahl von Kr-85 als Katasternuklid wird zudem für die Chargen der WAK-Kampagnen Kr-85 als Inventar angeben (insgesamt ca. $5,4 \text{ E} 06 \text{ Bq}$). Grund hierfür ist, dass das Radionuklid Kr-85 in den Nuklidvektoren der WAK-Kampagnen angegeben ist.

Th-230-Aktivität

Die Th-230-Aktivität in thoriumhaltigen Abfällen wurde mit 50 % der Th-232-Aktivität abgeschätzt. Hierbei handelt es sich gemäß dem Bericht 2010 /U-8/ um eine vorläufige, grobe Abschätzung.

Programmtechnisch wurde die Berechnung der Th-232-Aktivität an verschiedenen Stellen im Programmcode umgesetzt. Aus diesem Grund wurde auch für die Abschätzung der Th-230-Aktivität der Programmcode an diesen Stellen manuell ergänzt. Unsere stichprobenweise Überprüfung hat gezeigt, dass die Berechnung der Th-230-Aktivität aus der Th-232-Aktivität mit dem Faktor 0,5 korrekt umgesetzt wurde. Zur abschließenden Bewertung verweisen wir auf die anderen Einzelbeauftragungen.

Nachbildung von Ra-226 aus Th-230, Ra-228 aus Th-232

In der Version 9.2 der Datenbank wurden im Modul „Subprozeduren“ für die Radionuklide Pb-210, Ra-226, Ra-228, Ac-227 und Th-229 (siehe Tabelle 9) die Aufbaureaktionen aus den jeweiligen Müttern vom Ausfertigungstag der Begleitliste auf den Stichtag der Aktivitätsberechnung ergänzt.

Tabelle 9: Radionuklide, deren Aufbaureaktionen im PAI ergänzt wurden.

Berücksichtigte Radionuklide	Mutternuklid(e)
Ra-226	Th-230, U-234
Pb-210	Th-230
Th-229	U-233
Ra-228	Th-232
Ac-227	U-235
Pa-231	U-235

Wir haben mit eigenen Berechnungen die angegebenen Aufbaureaktionen stichprobenweise für einige Chargen zu verschiedenen Stichtagen nachvollzogen und mit anderen Programmen verifiziert. Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die in der Tabelle angegebenen Aufbaureaktionen anforderungsgerecht berechnet werden. Darüber hinaus gehende Aufbaureaktionen bleiben im PAI unberücksichtigt. Zur abschließenden Bewertung verweisen wir auf die anderen Einzelbeauftragungen.

U-235 des FRM

Die Berechnung der Uranaktivität aus der U-235-Masse des Ablieferers FRM erfolgt im Modul „Ablieferer die Kleinen“ durch eine manuelle Eingabe. In der Datenbank Version 8.0 wurde die auf der Begleitliste Id-Nr. 2384 angegebene Masse von 15 g U-235 mit einem natürlichen Anreicherungsgrad berechnet. In der Version 9.2 wird nun ein Anreicherungsgrad von 90 % verwendet.

Unsere Überprüfung hat gezeigt, dass die manuelle Eingabe im Programmcode einen Anreicherungsgrad von 90 % ergibt. Wie auch schon in der Datenbank Version



8.0 wird durch die manuelle Eingabe die U-235-Masse bzw. Aktivität den drei Abfallgebinden der Charge 14285 (Lfd-Fassnummer 118-120) anstelle der Charge 14284 (Lfd-Fassnummer 121-123) zugeordnet (vgl. E 2).

Sonstige Änderungen

Darüber hinaus ist uns beim stichprobenweisen Vergleich der beiden Datenbankversionen aufgefallen, dass für die Abfallbinde des Ablieferers Amersham-Buchler (Begleitliste Id-Nr. 9) die Berechnungsroutine geändert wurde. Hierzu wurden in der Datenbank Version 9.2 manuelle Werte für sieben radioaktive Quellen eingegeben.

Unsere Prüfung hat gezeigt, dass die im Programmcode manuell festgelegten Werte den Anhängen an die Begleitliste Id-Nr. 9 entsprechen. Sofern für die Radionuklide Cs-137 und Sr-90 der Anteil am radioaktiven Inventar der Quelle nicht genauer spezifiziert wurde (z. B. Angabe wie „wenig“), wurde hier plausibel eine Aktivität von 10% abgeschätzt und im Programmcode angegeben.

Zusammenfassend hat unsere stichprobenweise Prüfung gezeigt, dass die im Bericht 2010 /U-8/ angegebenen Änderungen korrekt in das PAI implementiert wurden.



4 Zusammenfassung

Im Rahmen unserer Überprüfung des Abfallinventars der Schachtanlage Asse II haben wir im vorliegenden Zwischenbericht bewertet, ob das Programm PAI (Programm zur Aktualisierung des Asse-Inventars) der Datenbank ASSEKAT die Daten von in der Schachtanlage Asse II eingelagerten Abfallgebinden gemäß den Angaben im GSF-Bericht 2002 zur Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachtanlage Asse /U-5/ korrekt auswertet und bei der Berechnung des Aktivitätsinventars berücksichtigt.

Ziel unserer Überprüfung war die Verifikation der Berechnungen im PAI, die zur Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachtanlage Asse II herangezogen werden.

Die Überprüfung der Berechnungen im PAI erfolgte durch stichprobenweise Rechnungen für einzelne Chargen von Abfallgebinden und verschiedenen Ablieferer. Hierzu wurden sowohl Primärdaten von Abfällen und zusätzliche Daten des Instituts für Strahlenschutz der GSF (ISS) in der Datenbank ASSEKAT, als auch Parameter-einstellungen im PAI variiert. Des Weiteren haben wir in den Programmcode Einsicht genommen.

Unsere Überprüfung hat gezeigt, dass die zur Berechnung des radioaktiven Aktivitätsinventars im PAI verwendeten Berechnungsroutinen gemäß dem GSF-Bericht 2002 /U-5/ implementiert wurden. Die Berechnungsroutinen greifen hierbei ordnungsgemäß auf die ASSEKAT-Tabellen mit Primärdaten und ISS-Daten sowie auf die im PAI-Eingabeformular wählbaren Parameter zu.

Sofern im PAI im Programmcode manuell festgelegte Werte und Referenzdaten (z. B. Halbwertszeit, natürliche Isotopenzusammensetzung) zur Aktivitätsberechnung verwendet werden, die nicht im GSF-Bericht 2002 erläutert werden, haben wir diese auf inhaltliche Richtigkeit geprüft. Hierbei ergaben sich einzelne Abweichungen, zu deren Behebung wir im Kapitel 6 entsprechende Empfehlungen formuliert haben.

Im Übrigen werden die im GSF-Bericht 2002 /U-5/ enthaltenen Daten (z. B. Tabellen mit Nuklidvektoren) in der Datenbank ASSEKAT Version 8.0 korrekt übernommen



und die beschriebene Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars der Schachtanlage Asse im PAI entsprechend umgesetzt.

Die Berechnung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars zum Stichtag und die Ausgabe der berechneten Aktivitäten erfolgt korrekt. Anhand der Angaben in der Tabelle „ISS-Kataster“ sind für die verschiedenen Chargen die durchgeführten Berechnungsroutinen nachvollziehbar erfasst.

Die Datenbank ASSEKAT Version 8.0 bzw. das PAI wurden zwischenzeitlich angepasst und die Änderungen im Bericht 2010 /U-8/ dokumentiert. Die stichprobenweise Prüfung der Datenbank ASSEKAT Version 9.2 hat gezeigt, dass die Änderungen korrekt im PAI implementiert wurden.

Zur Plausibilität der Primärdaten, der zusätzlichen ISS-Daten (Nuklidvektoren, WAK-Kampagnen) sowie der Anwendung der verschiedenen Berechnungsroutinen zu den einzelnen Ablieferern verweisen wir auf unsere Prüfergebnisse zur 1. und 3. Einzelbeauftragung.

Zusammenfassend hat sich anhand unserer stichprobenweisen Verifikation des PAI gezeigt, dass unter Berücksichtigung unserer Empfehlungen die Festlegungen des GSF-Berichts /U-5/ zur Bestimmung des nuklidspezifischen Inventars der Schachtanlage Asse ordnungsgemäß im PAI implementiert wurden.

München, den 10.02.2011

Energie und Technologie

Hauptabteilung
Strahlenschutz und Entsorgung

Die Sachverständigen

5 Verwendete Unterlagen

- /U-1/ BfS
Schreiben vom 18.11.2009, Az. Z 4.5 9A 251 8728-9
Schachtanlage Asse II
Überprüfung des Abfallinventars der Schachtanlage Asse II
- /U-2/ BfS
Schreiben vom 04.12.2009, Az. SE 4.2 9A 251
Überprüfung des Abfallinventars der Schachtanlage Asse II
Einzelbeauftragung
- /U-3/ BfS
Schreiben vom 30.03.2010, Az. SE 3.1 9A 2512
Überprüfung des Abfallinventars der Schachtanlage Asse II
Einzelbeauftragung Nr. 2
- /U-4/ GSF
Access-Datenbank ASSEKAT ISS 8.0
Übergeben vom BfS mit der 1. Einzelbeauftragung
- /U-5/ GSF
Abschlussbericht „Bestimmung des nuklidspezifischen Aktivitätsinventars
der Schachtanlage Asse“ - August 2002
- /U-6/ GSF
Interner Bericht Nr. I/2000 „Erstellung einer Datenbank zur Aktualisierung
des Radionuklidinventars“
- /U-7/ TÜV SÜD
Schreiben IS-ETS4-MUC/ar vom 24.02.2010
Überprüfung des Abfallinventars der Schachtanlage Asse II
Protokoll zum Statusgespräch am 04.02.2010 in München
Anlagen: Folien zum Vortrag „Die Datenbank ASSEKAT“
- /U-8/
Bericht „Beratung und Unterstützung bei der Fortentwicklung und Pro-
grammdokumentation der Datenbank ASSEKAT“ vom 28.02.2010
- /U-9/ TÜV SÜD
Schreiben IS-ETS4-MUC/ar vom 19.11.2010
Überprüfung des Abfallinventars der Schachtanlage Asse II
Protokoll zum Statusgespräch am 26.10.2010 in München
- /U-10/ GNS
Berechnung von nuklidspezifischen Aktivitäten in radioaktiven Abfällen aus
Kernkraftwerken im Forschungsbergwerk Asse
Bericht GNS B 013/2001 Rev. 1, Februar 2001

6 Empfehlungen

- E 1 Wir empfehlen, die Halbwertszeiten der Radionuklide in der Tabelle „Nuklide“ unabhängig von ihrer Bedeutung für die Bestimmung des Aktivitätsinventars der Asse mit aktuellen Literaturangaben zu vergleichen und ggf. zu korrigieren.
- E 2 Für den Ablieferer FRM (Begleitliste 2834) wird durch die manuelle Eingabe die U-235-Masse bzw. Aktivität den drei Abfallgebinden der Charge 14285 (Lfd-Fassnummer 118-120) anstelle der Charge 14284 (Lfd-Fassnummer 121-123) zugeordnet. Wir empfehlen, dies im Programmcode zu ändern.
- E 3 Auf der MAW-Begleitliste Id-Nr. 17 wird entgegen dem im Programmcode manuell festgelegten Wert von 5,4 % ein Anreicherungsgrad von 5,1 % angegeben. Das im Programmcode angegebene Isotopenverhältnis für die MAW-Begleitliste Id-Nr. 17 (Ablieferer GKSS) ist anhand der uns derzeit vorliegenden Unterlagen nicht nachvollziehbar. Wir empfehlen, die Vorgehensweise zur Festlegung des U-Isotopenverhältnisses für die o. a. GKSS-Abfälle zu erläutern und ggf. zu korrigieren.
- E 4 Für den Ablieferer KWU wurde für die Position 281 der Begleitliste Id-Nr. 3036 (Charge 19668) eine Uranmasse anstelle einer U-235-Masse im Programmcode ergänzt. Dies ist anhand der Begleitliste nicht nachvollziehbar. Wir empfehlen, die Vorgehensweise zur Festlegung der Uranmasse für Position 281 der Begleitliste Id-Nr. 3036 zu erläutern und ggf. zu korrigieren.
- E 5 Bei dem Ablieferer MP handelt es sich bei der im Programmcode manuell festgelegten Aktivität als Co-60-Quelle gemäß der Begleitliste Id-Nr. 3041 um eine Cs-137-Quelle. Wir empfehlen, dies im Programmcode zu ändern.
- E 6 Für den Ablieferer RBU wurde auf der Begleitliste Id-Nr. 2380 sowohl eine Gesamtmasse (2275,7 kg) an Uran als auch eine Masse pro Behälter (50,5 kg) angegeben. Im Programmcode wurde die Masse pro Behälter zur Berechnung manuell festgelegt, womit die auf der Begleitliste angegebene Masse um 3,2 kg unterschritten wird. Wir empfehlen, die Vorgehensweise zur Berechnung der Uranmasse dahingehend zu korrigieren, dass konservativ die Gesamtmasse zur Berechnung herangezogen wird.



- E 7 Für den Ablieferer TN ist anhand der TN-Schreiben vom 05.10.1971 und 25.11.1971 die Ergänzung der U-235-Masse für die Begleitliste Id-Nr. 2510 nachvollziehbar. In diesen Schreiben wird eine U-235-Masse von 20 g pro Fass angegeben. Aus der Anzahl der Gebinde (22 Stück) ergibt sich jedoch eine Gesamtmasse von 440 g U-235. Wir empfehlen, die U-235-Masse im Programmcode entsprechend zu korrigieren.