

# **Leitfaden für die Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten**

**Anwendung der ab dem Jahr 2015 gültigen Vorschriften**

**Fachbereich  
Sicherheit nuklearer Entsorgung**

**Frank-Michael Börst**

**Mark König**

**Ingo Reiche**

**Benjamin Ruprecht**

**BfS-SE1.1-83101/1**

**Salzgitter, 30.10.2014**

## Inhaltsverzeichnis

<b>1. Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Überblick über die Vorschriften zur Beförderung spaltbarer Stoffe</b> .....	<b>5</b>
<b>3. Auswahl der entsprechenden Vorschrift für die Beförderung</b> .....	<b>7</b>
<b>4. Anleitung zur Anwendung der einzelnen Vorschriften</b> .....	<b>10</b>
4.1 Ausnahme von der Definition für spaltbare Stoffe (2.2.7.1.3 ADR (222)) .....	10
4.2 Klassifizierung durch eine UN-Nummer «nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt» (2.2.7.2.3.5 a) – e) ADR (417 (a)-(e))) .....	10
4.3 Klassifizierung durch eine UN-Nummer «nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt» (von der zuständigen Behörde zugelassene Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen) .....	12
4.4 Sendungsanforderungen für 2.2.7.2.3.5 a) - f) ADR (417(a)-(f)) (7.5.11 CV 33 (4.3) ADR (570)) .....	14
4.5 Klassifizierung durch eine UN-Nummer «SPALTBAR» ohne Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe (6.4.11.2 ADR (674) und 6.4.11.3 ADR (675)) .....	15
<b>5. Anforderungen an Kennzeichnung und Bezettelung bei den genannten Vorschriften</b> .....	<b>19</b>
5.1 Beförderungsdokumente .....	21
<b>6. Übergangsvorschriften</b> .....	<b>22</b>
<b>7. Anwendungsbeispiele</b> .....	<b>23</b>
7.1 <i>Anwendungsbeispiel 1</i> - Versandstücke, die auf 5 % angereichertes Uran mit 15 g an U-235 enthalten (keine anderen spaltbaren Nuklide vorhanden) .....	23
7.2 <i>Anwendungsbeispiel 2</i> - 200-Liter-Fass als Typ A-Versandstück, das 100 g an spaltbaren Stoffen enthält .....	24
7.3 <i>Anwendungsbeispiel 3</i> - Ein Versandstück, für das bisher eine Zulassung für spaltbare Stoffe erforderlich war und welches jetzt unter 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) oder 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) transportierbar ist.....	25
7.4 <i>Anwendungsbeispiel 4</i> - Abfallstoffe, die kleine Mengen an spaltbaren Nukliden enthalten .....	25
<b>8. Literaturverzeichnis</b> .....	<b>26</b>

## 1. Vorwort

Dieser Leitfaden wurde erarbeitet, um die Einführung der überarbeiteten Regelungen für die Beförderung von spaltbaren Stoffen in der Ausgabe 2012 der Empfehlungen für die sichere Beförderung von radioaktiven Stoffen (SSR-6) der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) [1] zu erleichtern. Mit der Umsetzung der Ausgabe 2012 der IAEO-Empfehlungen in die Gefahrgutbeförderungsvorschriften der Verkehrsträger werden die überarbeiteten Regelungen ab 2015 in Kraft treten.

Der Leitfaden richtet sich an alle Anwender (Absender, Beförderer, etc.), die radioaktive Stoffe befördern, ebenso wie an die zuständigen Behörden. Er wurde auf der Grundlage eines in Erarbeitung befindlichen Leitfadens der IAEO zum gleichen Thema [2] entwickelt, der insbesondere zu den Hintergründen der neuen Vorschriften und zur Herkunft der Berechnungsvorschriften weitergehende Informationen bereithält.

Die neuen Vorschriften beinhalten ein abgestuftes System der Freistellung von den Anforderungen an Klassifizierung, Verpackung und Zulassung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten. Für ein besseres Verständnis dieses neuen Systems und aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die Vorschriften für die Beförderung von spaltbaren Stoffen in diesem Leitfaden gruppiert und erläutert. Ziel ist, den Anwender bei der Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten, zu unterstützen, Hilfestellung bei der Einordnung der zu befördernden Stoffe und der Auswahl der anwendbaren Vorschriften zu bieten und Hinweise zur Kennzeichnung, Bezettelung und den Beförderungsdokumenten zu geben. Die Darstellung praxisgerechter Anwendungsbeispiele soll das Verständnis für die Vorschriften und deren Anwendung zusätzlich erleichtern.

Dieser Leitfaden ersetzt nicht die Vorschriften oder begrenzt deren Anwendung. Die Gefahrgutbeförderungsvorschriften der Verkehrsträger sind auch im Zweifelsfall verbindlich anzuwenden.

Die in diesem Leitfaden angegebenen Nummern zu den Vorschriften verweisen auf die Ausgabe 2015 des Europäischen Übereinkommens zur Beförderung von gefährlichen Gütern auf der Straße (ADR) [3] als Beispiel für die unterschiedlichen Verkehrsträger. Zur Orientierung bei der Anwendung für die weiteren Verkehrsträger (Schienenverkehr, Binnenschifffahrt, Seeverkehr und Luftverkehr) wurden die Nummern der Ausgabe 2012 der IAEO-Empfehlungen in Klammern an die Vorschriftenverweise angehängt, mit deren Hilfe die korrespondierenden Nummern der Verkehrsträgervorschriften u.a. im Dokument „[Vorschriften für die sichere Beförderung radioaktiver Stoffe](#)“ gefunden werden können.

Fragen und Anmerkungen können an den zuständigen Bearbeiter im Bundesamt für Strahlenschutz Dr. I. Reiche (Adresse: Bundesamt für Strahlenschutz, Postfach 100149, 38201 Salzgitter; Telefon: 030 18333 1773; E-Mail: [ireiche@bfs.de](mailto:ireiche@bfs.de) oder [epost@bfs.de](mailto:epost@bfs.de)) gerichtet werden.

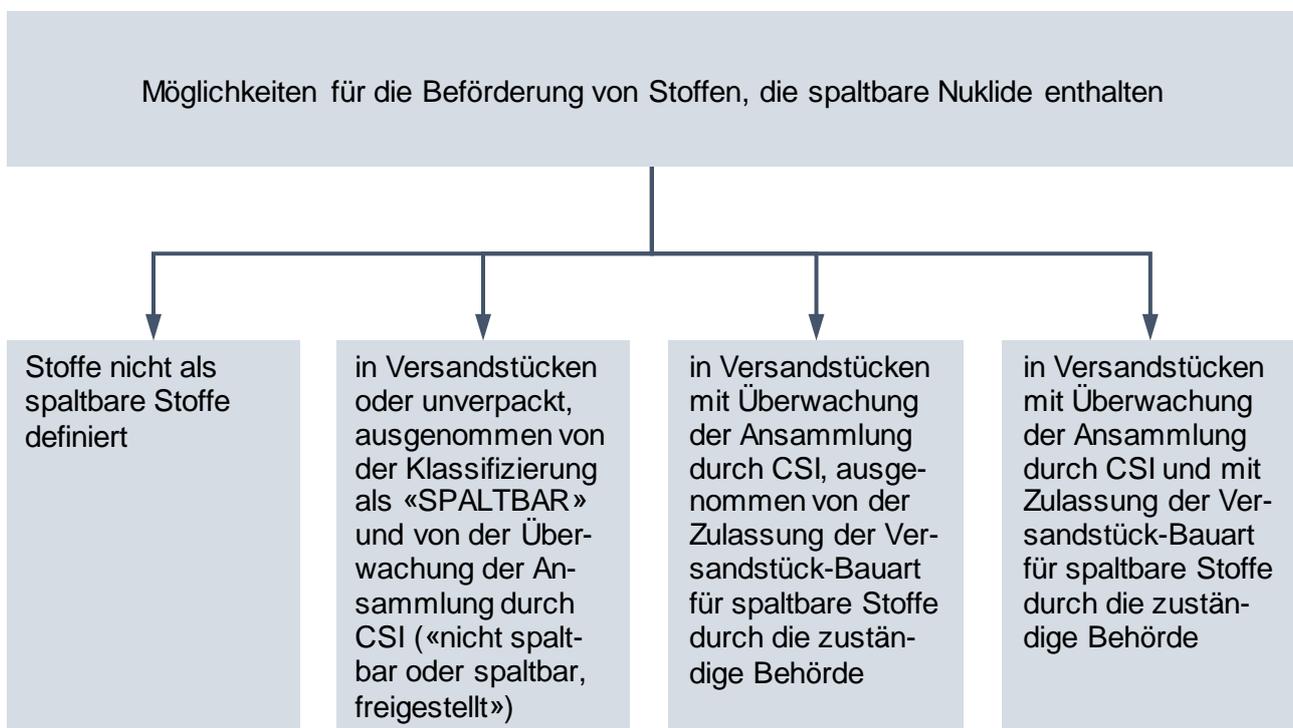
## 2. Überblick über die Vorschriften zur Beförderung spaltbarer Stoffe

Mit der Ausgabe 2012 der IAE0-Empfehlungen für die sichere Beförderung von radioaktiven Stoffen (SSR-6) (umgesetzt in der Ausgabe 2015 des ADR) wurden die Möglichkeiten zur Beförderung von spaltbaren Stoffen in anderen Versandstücken als den für spaltbare Stoffe zugelassenen wesentlich überarbeitet. Diese sind in einer Reihe von Vorschriften in einer abgestuften Art und Weise umgesetzt, die Kriterien und Anforderungen festlegen, um die Kritikalitätssicherheit zu gewährleisten.

Die Ausgabe 2015 des ADR (Ausgabe 2012 der IAE0-Empfehlungen) hat vier Gruppen von Vorschriften für die Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten:

1. Die Beförderung von Stoffen, die von der Definition für spaltbare Stoffe ausgenommen sind
2. Die Beförderung ohne Klassifizierung als «SPALTBAR» und ohne Überwachung der Ansammlung durch die Kritikalitätssicherheitskennzahl (CSI-Überwachung)
3. Die Beförderung mit Klassifizierung als «SPALTBAR» und mit der CSI-Überwachung in Versandstücken, für die keine Zulassung der Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde erforderlich ist<sup>2</sup>
4. Die Beförderung mit Klassifizierung als «SPALTBAR» und CSI-Überwachung in Versandstücken, deren Bauart durch die zuständige Behörde für spaltbare Stoffe zugelassen ist (unverändert gegenüber den Ausgaben 2011 [4] und 2013 [5] des ADR (Ausgabe 2009 der IAE0-Empfehlungen (TS-R-1) [6]))

Diese sind in der *Abbildung 1* zusammenfassend dargestellt.



**Abbildung 1: Gruppen von Vorschriften für die Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten**

<sup>2</sup> Eine Zulassung der Versandstück-Bauart kann aus anderen Gründen als dem der Spaltbarkeit erforderlich sein.

Die erste Gruppe von Vorschriften regelt die Ausnahme von der Definition der spaltbaren Stoffe. Die meisten Vorschriften der zweiten Gruppe («spaltbar, freigestellt») sind neu und ersetzen die bekannten Vorschriften der früheren Ausgaben des ADR (der IAEO-Empfehlungen). Die dritte Gruppe der Vorschriften ist mit der Ausgabe 2015 des ADR (Ausgabe 2012 in den IAEO-Empfehlungen) neu eingeführt worden.

Da bei der Anwendung der ersten drei Gruppen von Vorschriften durch die Absender eine Bewertung oder Zulassung durch die zuständige Behörde nicht erforderlich ist, ist es wichtig, dass das abgestufte Konzept und die einzelnen Vorschriften richtig verstanden werden. Die *Tabelle 1* enthält eine Übersicht über die Vorschriften für die Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten.

**Tabelle 1: Übersicht der Vorschriften für die Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten**

Darf in Versandstücken, für die keine Zulassung der Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde vorliegt, oder unter bestimmten Bedingungen auch unverpackt befördert werden			Muss in Versandstücken befördert werden, für die eine Zulassung der Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde vorliegt	
UN-Nummer «nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt»			UN-Nummer «SPALTBAR»	
2.2.7.1.3 ADR (222)	2.2.7.2.3.5 a) – e) ADR (417(a)-(e))	2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f))	6.4.11.2 ADR (674) & 6.4.11.3 ADR (675)	6.4.11.1 ADR (673)
definiert die spaltbaren Nuklide und spaltbare Stoffe als Stoffe, die diese Nuklide enthalten; bestimmte Stoffe sind von der Definition als spaltbar ausgenommen	definiert Grenzwerte für die Masse, die Form und das Isotopenverhältnis der spaltbaren Nuklide für die Ausnahme des Versandstücks oder des unverpackt beförderten Stoffes von weiteren Kritikalitätssicherheitsbetrachtungen	der Stoff muss einer von der Behörde zugelassenen Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen entsprechen („FE-Zulassung“), siehe 5.1.5.2.1 a)(iii) ADR (802(a)(iii))	definiert Grenzwerte für die Masse und das Isotopenverhältnis der spaltbaren Nuklide in einem Versandstück und die Anforderungen an die Bauart zur Beförderung als Versandstück mit spaltbaren Stoffen	der Stoff muss dem zulässigen Inhalt einer von der Behörde zugelassenen Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe entsprechen („F-Zulassung“), siehe 5.1.5.2.1 a)(v) ADR (802(a)(v))
Stoffe nicht als spaltbare Stoffe definiert	in Versandstücken oder unverpackt, ausgenommen von der Klassifizierung als «SPALTBAR» und von der Überwachung der Ansammlung durch CSI («nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt»)		in Versandstücken mit Überwachung der Ansammlung durch CSI, ausgenommen von der Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde	in Versandstücken mit Überwachung der Ansammlung durch CSI und mit Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde

### 3. Auswahl der entsprechenden Vorschrift für die Beförderung

Ein Absender, der für die Beförderung von spaltbare Nuklide enthaltenden Stoffen verantwortlich ist, sieht sich mit der Herausforderung konfrontiert, die vorhandenen Beförderungs-Optionen zu verstehen und herauszufinden, ob der zu befördernde Stoff unter Anwendung einer dieser Optionen verpackt und versendet werden kann.

Bei der Auswahl der für den jeweiligen Anwendungsfall am besten geeigneten Möglichkeit sollen die Kapitel 3, 4, 6 und 7 dieses Leitfadens unterstützen. Im Kapitel 3 wird eine Übersicht über die Beförderungsmöglichkeiten gegeben, was für einen gegebenen Fall eine Eingrenzung der anwendbaren Nummern des ADR ermöglichen sollte. Das Kapitel 4 erläutert dann die einzelnen Nummern genauer. Für Versandstücke, die bis zum 31. Dezember 2014 für die Beförderung vorbereitet, d.h. beladen und verschlossen wurden, gelten zusätzlich Übergangsbestimmungen, die im Kapitel 6 erklärt werden. Das Kapitel 7 bietet instruktive Beispiele zur Auswahl der Beförderungsmöglichkeit.

*Tabelle 2* bietet eine kurze Zusammenfassung der erlaubten Massen an spaltbaren Nukliden und Stoffarten in den verschiedenen Vorschriften für die Beförderung von spaltbare Nuklide enthaltenden Stoffen in Versandstücken, deren Bauarten nicht von der zuständigen Behörde für die Beförderung von spaltbaren Stoffen zugelassen sind. Die *Tabelle 2* führt den Absender direkt zu den möglichen anwendbaren Nummern des ADR, vorausgesetzt, dass der Absender für die Eigenschaften der Stoffe (z.B. Anreicherung) und die Masse der spaltbaren Nuklide pro Versandstück garantieren kann. Sobald mögliche Nummern des ADR ermittelt wurden, sollte sich der Absender weiter mit den speziellen Anforderungen an die Verpackung (z. B. kleinste äußere Abmessung oder Rückhaltung des Inhalts unter normalen Beförderungsbedingungen) befassen. In vielen Fällen sind mehrere Nummern des ADR aus *Tabelle 2* anwendbar. Der Absender sollte die Unterschiede zwischen diesen Vorschriften beachten und die Vor- und Nachteile gegeneinander abwägen. Zum Beispiel können beide Absätze 2.2.7.2.3.5 c) und e) des ADR (417 (c) und (e)) anwendbar sein, um kleine Mengen an Uran mit einer Anreicherung < 5 % zu versenden. Allerdings wäre nach 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417 (e)) eine Beförderung unter ausschließlicher Verwendung erforderlich. Andererseits ist dies die einzige Vorschrift, nach der unverpackte spaltbare Stoffe erlaubt sind.

Zusätzlich muss der Absender die operativen Anforderungen in Teil 2 und 3 des ADR (Abschnitt IV und V der Ausgabe 2012 der IAEA-Empfehlungen) für die Anwendung der Unterabschnitte 6.4.11.2 ADR (674) und 6.4.11.3 ADR (675) beachten (z. B. Bezeichnung mit UN-Nummer «SPALTBAR» und Versendung unter CSI-Überwachung).

Absatz 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) enthält die Möglichkeit für eine Beförderung ohne Klassifizierung als «SPALTBAR», wenn belegt werden kann, dass die spaltbaren Stoffe mit einer zugelassenen Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen übereinstimmen (siehe auch 5.1.5.2.1 a)(v) ADR (802 (a)(v))). Ist eine zugelassene Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen nicht verfügbar, wird die Zulassung einer neuen derartigen Bauart auf der Basis einer Sicherheitsanalyse zum Nachweis der Unterkritikalität in Übereinstimmung mit den in Absatz 2.2.7.2.3.6 ADR (606) beschriebenen Bedingungen erforderlich.

**Tabelle 2: Übersicht über die Massenbegrenzungen von spaltbaren Nukliden in Versandstücken ohne Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe**

Nummer	Natürliches oder abgereichertes Uran (Masse an U-235 pro Versandstück)	niedrig angereichertes Uran (bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 20 % an U-235) (Masse an U-235 pro Versandstück)	hoch angereichertes Uran (massebezogene Anreicherung an U-235 von mehr als 20 %) (Masse an U-235 pro Versandstück)	Masse an anderen spaltbaren Nukliden pro Versandstück	Bemerkungen
2.2.7.1.3 ADR (222)	unbegrenzt (auch wenn in einem thermischen Reaktor bestrahlt)			0,25 g	
2.2.7.2.3.5 a) ADR (417 (a))	unbegrenzt unter der Voraussetzung einer massebezogenen Anreicherung von höchstens 1 % an U-235 und einer homogenen Verteilung des U-235		-	bis zu 1 % der Masse an U-235	heterogene Strukturen (z. B. Stäbe oder Pellets) sind nicht erlaubt
2.2.7.2.3.5 b) ADR (417 (b))	-	unbegrenzt für Uranylinitrat mit einer massebezogenen Anreicherung von höchstens 2 % an U-235	-	bis zu 0,002 % der Uran-Masse	Atomzahlverhältnis von Stickstoff zu Uran mindestens 2
2.2.7.2.3.5 c) ADR (417(c))	3,5 g unter der Voraussetzung einer massebezogenen Anreicherung von höchstens 5 % an U-235		-	bis zu 1 % der Masse an U-235	Begrenzung der Sendung auf 45 g an spaltbaren Nukliden gemäß para 7.5.11 CV 33 (4.3) c) ADR (570(c)).
2.2.7.2.3.5 d) ADR (417(d))					Begrenzung der Sendung auf 15 g an spaltbaren Nukliden gemäß 7.5.11 CV 33 (4.3) d) ADR 570(d)
2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e))					Der Grenzwert gilt für das Beförderungsmittel; Beförderung unter ausschließlicher Verwendung gemäß para 7.5.11 CV 33 (4.3) e) ADR (570(e)); kann unverpackt befördert werden
2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f))	wie in der Zulassung der zuständigen Behörde für die Bauart des Stoffes festgelegt				die Unterkritikalität muss nach den Bedingungen gemäß 2.2.7.2.3.6 ADR (606) nachgewiesen werden

Leitfaden für die Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten (ab 2015)

Nummer	Natürliches oder abgereichertes Uran (Masse an U-235 pro Versandstück)	niedrig angereichertes Uran (bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 20 % an U-235) (Masse an U-235 pro Versandstück)	hoch angereichertes Uran (massebezogene Anreicherung an U-235 von mehr als 20 %) (Masse an U-235 pro Versandstück)	Masse an anderen spaltbaren Nukliden pro Versandstück	Bemerkungen
6.4.11.2 a) ADR (674(a))	88 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 1,5 % an U-235 34 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 5 % an U-235 26,4 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 10 % an U-235 23,2 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 20 % an U-235		18 g	11,2 g	Gemische aus U-235 und anderen spaltbaren Nukliden sind erlaubt, unterliegen der CSI-Formel und einem maximalen CSI je Versandstück von 10
6.4.11.2 b) ADR (674(b))	220 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 1,5 % an U-235 85 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 5 % an U-235 66 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 10 % an U-235 58 g bis zu einer massebezogenen Anreicherung von 20 % an U-235		45 g	28 g	Gemische aus U-235 und anderen spaltbaren Nukliden sind erlaubt, unterliegen der CSI-Formel und einem maximalen CSI je Versandstück von 10
6.4.11.2 c) ADR (674(c))		15 g			Gemische aus U-235 und anderen spaltbaren Nukliden sind bis zu einer Summe von 15 g je Versandstück erlaubt
6.4.11.3 ADR (675)		-		1000 g Pu mit einem Anteil von bis zu 20 % an spaltbaren Nukliden	

## 4. Anleitung zur Anwendung der einzelnen Vorschriften

### 4.1 Ausnahme von der Definition für spaltbare Stoffe (2.2.7.1.3 ADR (222))

In Absatz 2.2.7.1.3 ADR (222) ist definiert, was im Sinne der Vorschriften als spaltbare Nuklide erachtet wird: U-233, U-235, Pu-239 und Pu-241. Stoffe, die nicht mehr als Spuren dieser Nuklide enthalten (festgelegt in 2.2.7.1.3 c) ADR (222(c)) mit 0,25 g je Versandstück bzw., bei unverpackt beförderten Stoffen, je Beförderungsmittel), müssen nicht weiter für Kritikalitätssicherheitsbetrachtungen berücksichtigt werden.

Allerdings gibt es andere Nuklide, die geeignet sind, eine Neutronenkettenreaktion zu begünstigen (u.a. weitere Pu-Isotope und Nuklide der Elemente Np, Am, Cm und Cf). Hinsichtlich der Notwendigkeit zur Berücksichtigung dieser Nuklide ist Unterstützung in der aktuellen Ausgabe des erläuternden Materials zur SSR-6, herausgegeben als SSG-26 [7] von der IAEA, erhältlich.

Natürliches und abgereichertes Uran ist durch 2.2.7.1.3 a) und b) unter „Spaltbare Stoffe“ des ADR (222(a) und (b)) von der Definition für spaltbare Stoffe ausgenommen. Versandstücke, in denen spaltbare Nuklide nur in Form dieser Stoffe vorliegen oder als Teil ihrer Konstruktion enthalten sind, müssen nicht weiter für Kritikalitätssicherheitsbetrachtungen berücksichtigt werden, mit den folgenden Einschränkungen:

- 1) In einem schnellen Reaktor bestrahltes natürliches oder abgereichertes Uran ist nicht abgedeckt und muss als spaltbar behandelt werden.
- 2) Grundsätzlich ist in einem thermischen Reaktor bestrahltes natürliches oder abgereichertes Uran abgedeckt, weil der Aufbau von Plutonium nicht ausreicht, um eine Berücksichtigung in Kritikalitätssicherheitsbetrachtungen zu erfordern. Bei der Anwendung von 2.2.7.1.3 b) unter „Spaltbare Stoffe“ des ADR (222(b)), um bestrahltes natürliches oder abgereichertes Uran von der Definition als spaltbare Stoffe auszunehmen, sollte aber sichergestellt werden, dass jede der Bestrahlung nachfolgende Bearbeitung zu keiner Erhöhung der Reaktivität führt. Zum Beispiel ist die Entstehung von Plutonium während der Bestrahlung an der Brennstoff-Oberfläche am größten. Die Oberflächenschicht hat daher eine wesentlich höhere Plutoniumkonzentration als die über den Brennstoff „gemittelten“ Werte und kann Kritikalitätseigenschaften ähnlich denen von niedrig angereichertem Uran haben. Wenn diese Oberflächenschicht vom übrigen Brennstoff abgetrennt wurde, dann ist ein Stoff, der verstärkt Material aus dieser Oberflächenschicht enthält (z.B. Rückstände der Brennstoffhüllen oder Korrosionsprodukte), nicht für eine Ausnahme nach 2.2.7.1.3 b) unter „Spaltbare Stoffe“ des ADR (222(b)) geeignet.

### 4.2 Klassifizierung durch eine UN-Nummer «nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt» (2.2.7.2.3.5 a) – e) ADR (417 (a)-(e)))

2.2.7.2.3.5 ADR (417) enthält in a) bis f) die Vorschriften, wonach Stoffe und Versandstücke von der Klassifizierung als «SPALTBAR» ausgenommen werden können. 2.2.7.2.3.5 ADR (417) muss in Verbindung mit 7.5.11 CV 33 (4.3) ADR (570) angewendet werden, wo zusätzliche Anforderungen bezüglich der Beförderung solcher Stoffe enthalten sind.

#### 2.2.7.2.3.5 a) ADR (417(a)) und 2.2.7.2.3.5 b) ADR (417(b))

2.2.7.2.3.5 a) ADR (417(a)) und 2.2.7.2.3.5 b) ADR (417(b)) betreffen Ausnahmen, die auf den Eigenschaften der spaltbaren Stoffe beruhen. Diese Ausnahmen sind für homogene Systeme mit Uran mit einer maximalen massebezogenen Anreicherung von 1 % an U-235 (mit Begrenzung des Gehalts an Plutonium und U-233) (2.2.7.2.3.5 a) ADR) und für Uranylнитrat-Lösungen mit einer maximalen massebezogenen Anreicherung von 2 % an U-235 (2.2.7.2.3.5 b) ADR) bestimmt. Die Erfüllung der in diesen Ausnahmenvorschriften genannten Kriterien garantiert, dass die Stoffe unter normalen und Unfall-Beförderungsbedingungen in beliebiger Menge kritikalitätssicher sind. Diese

Ausnahmen sind gegenüber den Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (Ausgabe 2009 der IAEO-Empfehlungen) unverändert geblieben.

Im erläuternden Material (SSG-26), sind die Homogenitätsanforderung in 417(a) (2.2.7.2.3.5 a) ADR) und das Verhältnis von Stickstoff zu Uran in 417(b) (2.2.7.2.3.5 b) ADR) erklärt.

### **2.2.7.2.3.5 c) ADR (417(c)), 2.2.7.2.3.5 d) ADR (417(d)) und 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e))**

2.2.7.2.3.5 c) ADR (417(c)), 2.2.7.2.3.5 d) ADR (417(d)) und 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) betreffen Ausnahmen, die auf eine Begrenzung der Menge an spaltbaren Nukliden pro Versandstück in Verbindung mit der Massenbegrenzung in der Sendung (7.5.11 CV 33 (4.3) c) ADR (570(c)) und 7.5.11 CV 33 (4.3) d) ADR (570(d))) oder im Beförderungsmittel (7.5.11 CV 33 (4.3) e) ADR (570(e))) beruhen.

Diese Ausnahmen betreffen Versandstücke, die

- nicht mehr als 3,5 g an U-235 bei einer maximalen massebezogenen Anreicherung von 5 % (unter Berücksichtigung der Begrenzung des Inhalts an Plutonium und U-233), befördert in einer Sendung mit nicht mehr als 45 g an spaltbaren Nukliden (2.2.7.2.3.5 c) ADR (417(c))),
- nicht mehr als 2 g an spaltbaren Nukliden, befördert in einer Sendung mit nicht mehr als 15 g an spaltbaren Nukliden (2.2.7.2.3.5 d) ADR (417(d))),
- nicht mehr als 45 g an spaltbaren Nukliden pro Beförderungsmittel unter ausschließlicher Verwendung (2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)))

enthalten.

Diese zulässigen Massen sind gegenüber denen, die in den Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (Ausgabe 2009 der IAEO-Empfehlungen) erlaubt waren, erheblich reduziert. Dies trägt Bedenken hinsichtlich der Akkumulation solcher Sendungen Rechnung.

2.2.7.2.3.5 c) ADR (417(c)) erlaubt weiterhin die Versendung von UF<sub>6</sub>-Proben mit bis zu 100 Gramm UF<sub>6</sub> pro Versandstück (entsprechend der historischen Praxis). 2.2.7.2.3.5 d) ADR (417(d)) ist gedacht, um die Versendung von kleinen Proben an unbestrahlten und bestrahlten spaltbaren Stoffen oder Umweltproben mit unbestimmter Zusammensetzung an spaltbaren Stoffen zu ermöglichen. 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) kann für verpackte und unverpackte Stoffe verwendet werden, wie zum Beispiel Abfall, der eine geringe Masse an spaltbaren Nukliden enthält. Es ist zu beachten, dass 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) zurzeit die einzige Vorschrift ist, die unverpackte spaltbare Stoffe erlaubt.

Wenn ein Versandstück unter Verwendung dieser Vorschriften von der Klassifizierung als «SPALTBAR» freigestellt werden soll, muss der Absender sicherstellen, dass sowohl die in 2.2.7.2.3.5 c), d) oder e) ADR (417(c), (d) oder (e)) festgelegten Grenzwerte für die Masse an spaltbaren Nukliden in einem Versandstück als auch die in 7.5.11 CV 33 (4.3) c) - d) ADR (570(c)-(d)) festgelegten Grenzwerte für die Masse an spaltbaren Nukliden in einer Sendung eingehalten werden. Die Masse an U-235 in jeglichem natürlichen oder angereichertem Uran, welches entweder im Inhalt oder in der Verpackung vorhanden ist, muss bei der Berechnung der Gesamtmasse an spaltbaren Nukliden bei Anwendung von 2.2.7.2.3.5 c) - e) ADR (417(c)-(e)) berücksichtigt werden. Hier sollte pragmatisch vorgegangen werden und geringe Mengen, die in Verpackungsmaterialien wie z. B. Stahl oder in bestrahlten nicht spaltbaren Reaktorkomponenten vorhanden sind, müssen nicht zu der Masse an spaltbaren Nukliden für 2.2.7.2.3.5 c) - e) ADR (417(c)-(e)) hinzugerechnet werden.

Zusätzlich wird in 6.4.7.2 ADR (636) gefordert, dass die kleinste äußere Abmessung eines Versandstücks zur Beförderung solcher Stoffe unter Routine-Beförderungsbedingungen nicht kleiner als 10 cm sein darf. Auch dies muss durch den Absender sichergestellt werden.

Der Absender ist dafür verantwortlich, dass die Einhaltung der Grenzwerte für die Sendung bzw. das Beförderungsmittel sichergestellt wird. Dabei ist zu berücksichtigen, dass keine sendungsübergreifende CSI-basierte Kontrolle für das Beförderungsmittel verfügbar ist, siehe Abschnitt 4.4.

Mit den niedrigen Sendungsgrenzwerten in 7.5.11 CV 33 (4.3) c) - d) ADR (417(c)-(d)) soll erreicht werden, dass es unwahrscheinlich ist, dass auf einem für die Beförderung verwendeten Beförderungsmittel mit mehr als einer Sendung eine potentiell unsichere Masse an spaltbaren Nukliden zusammengeladen wird. Somit ist die vorsätzliche Aufteilung der Stoffe auf einem Beförderungsmittel in mehrere Sendungen, um die Sendungsgrenzwerte in 7.5.11 CV 33 (4.3) c) - d) ADR (417(c)-(d)) zu umgehen, nicht im Sinne der Vorschriften.

Die Anforderung in 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) für die Versendung unter ausschließlicher Verwendung ist dazu gedacht, sicherzustellen, dass der Absender die Kontrolle über alle Phasen der Beförderung hat. Der Absender muss die Sicherheit während der gesamten Beförderung gewährleisten, einschließlich transportbedingter Zwischenaufenthalte und der Handhabung. Zum Beispiel soll der in 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) festgelegte Grenzwert für das Beförderungsmittel auch auf jede Gruppe von Versandstücken während des transportbedingten Zwischenaufenthaltes angewendet werden.

### **4.3 Klassifizierung durch eine UN-Nummer «nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt» (von der zuständigen Behörde zugelassene Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen)**

Stoffe, die nach dieser Vorschrift befördert werden sollen, benötigen eine Zulassung gemäß 5.1.5.2.1 a)(iii) ADR (802(a)(iii)). Für solche Stoffe muss ausreichende Unterkritikalität nachgewiesen worden sein, ohne dass während der Beförderung eine Begrenzung der Menge oder andere operative Maßnahmen erforderlich wären (siehe unten).

Der Stoff kann dann einer UN-Nummer mit «nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt» aus Tabelle 2.2.7.2.1.1 ADR (Table 1) zugeordnet und in jedem Versandstück befördert werden, das die Vorschriften in 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) und 7.5.11 CV 33 (4.3) ADR (570) erfüllt und für die anderen radioaktiven und gefährlichen Eigenschaften des Stoffes geeignet ist.

Der Rest dieses Abschnittes enthält Hinweise für einen möglichen Antragsteller für eine Zulassung nach 5.1.5.2.1 a)(iii) ADR (802(a)(iii)), wenn eine solche Zulassung noch nicht vorhanden ist.

2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) verweist auf 5.1.5.2.1 ADR (802), wo gefordert wird, 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) anzuwenden, und auf 2.2.7.2.3.6 ADR (606) und weiter auf 6.4.11.1 a) ADR (673(a)). 6.4.11.1 a) ADR (673(a)) legt die Umstände fest, unter denen Versandstücke, die spaltbare Stoffe enthalten, unterkritisch bleiben müssen. Dieselben Umstände müssen für Stoffe berücksichtigt werden, für die eine Erteilung der Zulassung nach 5.1.5.2.1 a)(iii) ADR (802(a)(iii)) beabsichtigt ist.

Ein Antrag für eine Bauart-Zulassung muss die Eigenschaften des Stoffes berücksichtigen, die für die Sicherstellung der Unterkritikalität notwendig sind, und muss Margen für jegliche Unsicherheiten einschließen, die für den Stoff in Frage kommen. Die Marge für Unsicherheiten kann für gut definierte Stoffe reduziert werden.

Der Absender muss in der Lage sein, die Übereinstimmung mit den in der Zulassung festgelegten Stoffeigenschaften nachzuweisen. Ein Antragsteller für eine Zulassung sollte mit den möglichen Anwendern eng zusammenarbeiten, um sicherzustellen, dass die Eigenschaften der zu befördernden Stoffe in der Zulassung entsprechend abgebildet sind.

Es gibt einige Punkte, die wahrscheinlich zu einer Ablehnung des Antrags führen:

- Die Notwendigkeit, die Masse des Stoffes in einem bestimmten Versandstück zu begrenzen.
- Die Notwendigkeit, die Ansammlung von Versandstücken zu kontrollieren.
- Die Notwendigkeit, eine spezielle Verpackung zu benutzen.
- Die Notwendigkeit, den Stoff vor Wasser zu schützen.
- Die Notwendigkeit, in irgendeinem Abschnitt der Beförderung einschließlich des Notfallschutzes die Kritikalitätssicherheit zu berücksichtigen. Kritikalitätssicherheitsmaßnahmen vor der Versendung können gefordert werden.

Es kann möglich sein, für den Sicherheitsnachweis für eine Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen von den allgemeinen Auslegungsanforderungen für Versandstücktypen (Typ IP-1, Typ IP-2, Typ IP-3, Typ A, Typ B(U), Typ B(M) oder Typ C) Kredit zu nehmen. In diesem Fall würde festgelegt werden, dass für den Stoff ein bestimmter Versandstücktyp (z.B. Typ B) verwendet werden muss. Wenn es jedoch notwendig ist, Kredit von einer bestimmten Eigenschaft einer Versandstück-Bauart zu nehmen, dann ist 2.2.7.2.3.5 (f) ADR (417(f)) nicht anwendbar und es muss eine alternative Vorschrift verwendet werden.

Ein Antrag für die Zulassung der Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen durch die zuständige Behörde nach 2.2.7.2.3.6 ADR (606) muss die folgenden 3 Teile beinhalten:

### **Spezifikation**

Ein in Frage kommender spaltbarer Stoff kann in einer allgemeinen Art und Weise spezifiziert werden, um einen größeren Bereich bekannter spaltbarer Stoffe abzudecken, er kann aber auch genauer bestimmt und auf einen konkret vorliegenden Stoff begrenzt werden, der transportiert werden soll.

Der einzige Weg einen Stoff ohne weitere Kritikalitätssicherheitsmaßnahmen während der Beförderung unterkritisch zu halten, ist der, dass die spaltbaren Nuklide (wie in 2.2.7.1.3 ADR (222) definiert) mit nicht spaltbaren Nukliden vermischt werden. Die bestimmende Größe in der Spezifikation des spaltbaren Stoffes in einem Antrag auf Zulassung einer Bauart nach 2.2.7.2.3.6 ADR (606) unter 5.1.5.2.1 a)(iii) ADR (802(a)(iii)) wird in vielen Fällen das Maß dieser Verdünnung sein, ausgedrückt als Verhältnis der Massen von spaltbaren Nukliden zu mit ihnen vermischten nicht spaltbaren Stoffen.

Diese Herangehensweise ist analog zu den bereits existierenden Vorschriften unter 2.2.7.2.3.5 a) und b) ADR (417(a) und (b)) für Ausnahmen von der Klassifizierung als «SPALTBAR» und analog zu LSA-Stoffen (siehe erläuterndes Material (SSG-26) für para. 409), wo radioaktive Nuklide mit nicht radioaktiven Nukliden verdünnt sind. Der Grad der Verdünnung ist für 2.2.7.2.3.5 a) und b) des ADR (417(a) und (b)) sowie für LSA in den Vorschriften festgelegt, wogegen für 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) die Stoffspezifikationen vom Antragsteller entsprechend den Kritikalitätssicherheitsbetrachtungen festgelegt und nach Zulassungserteilung in der behördlichen Zulassung der Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen vorgeschrieben werden müssen. In beiden Fällen (Spezifikationen in den Vorschriften und in den behördlichen Zulassungen) sind der Mischungsgrad und der Grad, in dem die Bereiche mit höherer Konzentration an spaltbaren/radioaktiven Nukliden als der festgelegten/erlaubten Konzentration vorhanden sein dürfen, von hoher Bedeutung. Während die SSG-26 für LSA-Stoffe Vorschläge für das Maß der Gleichförmigkeit bietet, tut es dieser Leitfaden nicht. Das Maß der erlaubten Heterogenität ist von den Ergebnissen der Kritikalitätssicherheitsanalyse abhängig und muss begründet sein.

Ein Absender muss in der Lage sein, die Übereinstimmung des zu befördernden Stoffes mit jedem Punkt der Spezifikation in der behördlichen Zulassung der Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen nachzuweisen.

Ein weiterer Punkt, der in die Spezifikation eingefügt werden kann, ist der Anteil und die Art von bestimmten nicht spaltbaren Nukliden, deren neutronenabsorbierende Eigenschaften bei der Bewertung der Kritikalitätssicherheit angerechnet werden können.

### **Verhalten unter Routine-, normalen und Unfall-Beförderungsbedingungen**

Die allgemeine Forderung nach Unterkritikalität unter Routine-, normalen und Unfall-Beförderungsbedingungen nach 6.4.11.1 a) ADR (673(a)) einschließlich der dort aufgeführten Bedingungen ist auf 2.2.7.2.3.6 ADR (606) anzuwenden. Der Antrag muss eine Bewertung dazu enthalten, wie sich die Verteilung der spaltbaren und nichtspaltbaren Nuklide (wie in der Spezifikation des Stoffes definiert) während der Prüfungen zum Nachweis der Übereinstimmung mit den in 6.4.11.12 ADR (684), 6.4.11.13 ADR (685) und (falls die Luftbeförderung gefordert ist) 6.4.11.11 a) ADR (683(a)) geforderten Leistungsstandards, wie in 2.2.7.2.3.6 ADR (606) festgelegt, ändern würde.

Das Verhalten der Stoffe unter diesen Bedingungen muss nach zuverlässigen wissenschaftlichen Grundsätzen bewertet werden.

Zusätzlich zu Stoß und Feuer muss auch jeder weitere vernünftig vorhersehbare Mechanismus, der einen Einfluss auf die Spezifikation haben könnte (z.B. Vibration), berücksichtigt werden.

Eine Bewertung darüber, wie sich die Eigenschaften des spaltbaren Stoffes ändern, kann als begründete Betrachtung, Berechnung oder Verweis auf physikalische Prüfungen erstellt werden.

Der Umfang, in welchem die zuständige Behörde den Nachweis der Änderungen in der Verteilung der spaltbaren Nuklide verlangt, ist von wissenschaftlichen Überlegungen abhängig und sollte Gegenstand von Festlegungen durch die Behörde sein. Allerdings sind das physikalische Verhalten (z.B. Brennbarkeit oder Löslichkeit) des Stoffes und die Verteilung der spaltbaren Nuklide (z.B. gelöst, als Oberflächenverunreinigung oder kompakt in unbestimmten Positionen) wahrscheinlich Faktoren, die zu berücksichtigen sind.

Die zeitliche Entwicklung des Stoffes ist zu berücksichtigen. Allerdings sollten die betrachteten Zeiträume mit der wahrscheinlichen Dauer der Beförderungstätigkeiten (einschließlich der Lagerung vor der Beförderung) statt der Endlagerung (im Falle von Abfallstoffen) übereinstimmen.

### **Kritikalitätssicherheitsbewertung**

Die Kritikalitätssicherheitsbewertung muss zeigen, dass der Stoff wie in der Spezifikation festgelegt auch nach einem Unfall unterkritisch bleibt. Der Effekt von Änderungen in der Verteilung der spaltbaren Nuklide muss bewertet werden, wobei sowohl die Unsicherheiten in den Spezifikationen als auch die bewerteten Änderungen während der Beförderung abgedeckt werden müssen.

Idealerweise sollte gezeigt werden, dass  $k_{inf} < (1-X)$  ist, mit X als Sicherheitsmarge, die in jedem Land unterschiedlich definiert und unter Routine- und Unfall-Beförderungsbedingungen unterschiedlich sein kann, so wie es bei zugelassenen Versandstück-Bauarten für spaltbare Stoffe der Fall ist. In Deutschland ist ohne fundierte Begründung eines anderen Wertes als Sicherheitsmarge 0,05 einzusetzen. Allerdings kann ein  $k_{inf} > 1$  ausreichend sein, wenn die Masse des Stoffes, die für ein inakzeptables  $k_{eff}$  erforderlich wäre, so groß ist, dass ihr Zusammenkommen durch jegliche Beförderungstätigkeit (z.B. Zusammenladung von Versandstücken oder transportbedingte Zwischenaufenthalte) äußerst unwahrscheinlich wird.

## **4.4 Sendungsanforderungen für 2.2.7.2.3.5 a) - f) ADR (417(a)-(f)) (7.5.11 CV 33 (4.3) ADR (570))**

Der Absender hat sicherzustellen, dass keine Versandstücke oder unverpackten Stoffe basierend auf verschiedenen Vorschriften zur Ausnahme nach 2.2.7.2.3.5 ADR (417) in derselben Sendung gemäß 7.5.11 CV 33 (4.3) ADR (570(a)) kombiniert werden. Der Grund für die Anforderung ist, dass die Sicherheit der gemeinsamen Beförderung unter Unfall-Beförderungsbedingungen nicht nachgewiesen wurde.

2.2.7.1.3 a) und b) unter „Spaltbare Stoffe“ des ADR (222(a) und (b)) und 2.2.7.2.3.5 a) - b) ADR (417(a)-(b)) könnten dazu führen, dass unbegrenzte Mengen an natürlichem oder schwach angereichertem Uran zusammen mit als «SPALTBAR» klassifizierten Versandstücken befördert werden. Das Vorhandensein von großen Mengen an zusätzlichen neutronenmultiplizierenden Stoffen könnte die Kritikalitätscharakteristiken der als «SPALTBAR» klassifizierten Versandstücke ändern. Daher sollte der Rat der zuständigen Behörde eingeholt werden, wenn Mischungen von als «SPALTBAR» klassifizierten Versandstücken mit solchen, die als «nicht spaltbar» gemäß 2.2.7.1.3 a) und b) unter „Spaltbare Stoffe“ des ADR (222(a) und (b)) oder «spaltbar, freigestellt» gemäß 2.2.7.2.3.5 a) - b) ADR (417(a) und (b)) befördert werden sollen.

## 4.5 Klassifizierung durch eine UN-Nummer «SPALTBAR» ohne Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe (6.4.11.2 ADR (674) und 6.4.11.3 ADR (675))

6.4.11.2 a) - c) ADR (674(a)-(c)) und 6.4.11.3 ADR (675) bieten ein neues Konzept, um die Beförderung von spaltbaren Stoffen in als «SPALTBAR» klassifizierten Versandstücken zu erlauben, ohne dass die Bauart der Versandstücke eine behördliche Zulassung für spaltbare Stoffe benötigt.

Die in 6.4.11.2 ADR (674) und 6.4.11.3 ADR (675) festgelegten Anforderungen sind für die Sicherstellung der Kritikalitätssicherheit bei der Auswahl, Beladung und Beförderung des Versandstücks wichtig. Trotz der hohen möglichen Massen an spaltbaren Nukliden je Versandstück ist bei Anwendung dieser Vorschriften eine vorherige Bestätigung durch die zuständige Behörde nicht vorgesehen. Deshalb ist entscheidend, dass die Bewertung der Versandstückeigenschaften bis hin zur Festlegung des CSI durch den Absender in Übereinstimmung mit einem angemessenen von der zuständigen Behörde akzeptierten Managementsystem erfolgt.

Die Anwendung von 6.4.11.2 ADR (674) und 6.4.11.3 ADR (675) erfordert allgemein:

- ausreichende Kenntnisse über die Masse der spaltbaren Nuklide, die in jedes Versandstück geladen werden, und die Bestimmung der CSI-Werte für den entsprechenden Unterabsatz von 6.4.11.2 ADR (674) und 6.4.11.3 ADR (675),
- die UN-Nummer und Benennung für spaltbare Stoffe (Eintrag «SPALTBAR» in der Tabelle 2.2.7.2.1.1 ADR (Table 1) entsprechend der radioaktiven Eigenschaften (LSA, SCO, Typ A, Typ B(U), Typ B(M), etc.),
- die Bezeichnung mit «SPALTBAR» gemäß 5.2.2.1.11.1 ADR (538) und 5.2.2.1.11.3 ADR (541),
- die Einhaltung aller Anforderungen, die an anderer Stelle in den Vorschriften beschrieben sind und die radioaktiven Eigenschaften der Stoffe betreffen,
- die Begrenzung des gesamten CSI pro Beförderungsmittel gemäß 7.5.11 CV 33 (3.3) c) ADR (566(c)) in der gleichen Art und Weise wie für Versandstück-Bauarten, die für spaltbare Stoffe zugelassen sind,
- die Zusammenladung mit allen anderen Versandstücken, die spaltbare Stoffe enthalten, ist erlaubt, vorausgesetzt, der CSI-Grenzwert pro Beförderungsmittel wird eingehalten. Die CSI-Werte aus 6.4.11.2 ADR (674) sind in der gleichen Weise wie die CSI-Werte von solchen Versandstück-Bauarten zu verwenden, die von der zuständigen Behörde für spaltbare Stoffe zugelassen sind und
- die Beförderung zusammen mit anderen Versandstücken, die Stoffe enthalten, die von der Einordnung als «SPALTBAR» nach 2.2.7.2.3.5 a) - f) ADR (417(a)-(f)) ausgenommen sind, ist nicht durch die Vorschriften verboten, allerdings sind die spaltbaren Nuklide aller Versandstücke hinsichtlich der Grenzen für die Massen je Sendung bzw. Beförderungsmittel mitzuzählen.

Für die nach 6.4.11.2 ADR (674) und 6.4.11.3 ADR (675) festgelegten Versandstück-Bauarten sind kein Nachweis der Einhaltung der Anforderungen an die Versandstück-Bauarten, die spaltbare Stoffe enthalten (6.4.11.4 ADR (676) – 6.4.11.14 ADR (686)), und keine behördliche Zulassung dieser Versandstück-Bauarten aufgrund der spaltbaren Eigenschaften (Kennzeichen „...F“) erforderlich. Der Nachweis der Einhaltung dieser Anforderungen wurde während des Überarbeitungsprozesses für die Ausgabe 2015 des ADR (Ausgabe 2012 der IAEA-Empfehlungen) erbracht und durch die Mitgliedsstaaten genehmigt.

6.4.11.2 a) - c) ADR (674 (a)-(c)) kann für alle spaltbaren Nuklide angewendet werden. Dagegen ist 6.4.11.3 ADR (675) auf bestimmte Plutonium-Zusammensetzungen begrenzt. Wenn einer der Unterabsätze 6.4.11.2 a) - c) ADR (674 (a)-(c)) für ein Versandstück angewendet wird, das in der Vorschrift genannte besondere Stoffe enthält, sind die Grenzwerte nach 6.4.11.2 d) ADR (674 (d)) einzuhalten.

Die folgenden Vorschriften sind anzuwenden, um eine Beförderung von spaltbaren Stoffen zu erlauben, die als «SPALTBAR» klassifiziert sind, ohne dass eine behördliche Zulassung für die betreffende Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe erforderlich ist. Der ausführliche Hintergrund und einige Beispiele, die 6.4.11.2 ADR (674) betreffen, sind im erläuternden Material (SSG-26) beschrieben.

#### **Keine besonderen Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des Versandstücks (6.4.11.2 a) ADR (674 (a)))**

6.4.11.2 ADR (674 (a)) stellt keine Anforderungen an das Versandstück, außer 10 cm für die kleinste äußere Abmessung unter Routine-Beförderungsbedingungen. Der CSI ist über die Masse der spaltbaren Nuklide im Versandstück mit der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$CSI = 50 \cdot 5 \cdot \left( \frac{\text{Masse an U-235 (g)}}{Z} + \frac{\text{Masse anderer spaltbarer Nuklide (g)}}{280} \right)$$

Der Wert Z ist der Tabelle 6.4.11.2 ADR (Table 13) entsprechend der höchsten Anreicherung des Urans im Versandstück zu entnehmen. Die Masse der spaltbaren Nuklide ist so zu begrenzen, dass der Wert für den CSI des einzelnen Versandstücks 10 nicht überschreitet.

Die Begrenzung des CSI eines einzelnen Versandstücks auf 10 wurde gewählt, um zu verhindern, dass das gesamte je Beförderungsmittel zulässige spaltbare Inventar in einem einzigen Versandstück vorhanden ist. Mit der Anforderung, die gesamte je Beförderungsmittel zulässige spaltbare Masse über mehrere (mindestens 5) Versandstücke zu verteilen, wird die Sicherheit zusätzlich erhöht.

Das bedeutet, dass die höchste erlaubte Masse an Uran-235 zwischen 18 g und 88 g (abhängig von der Anreicherung) und an anderen spaltbaren Nukliden bei bis zu 11,2 g für jedes Versandstück liegt. Für eine Mischung von Uran-235 und anderen spaltbaren Nukliden ist die maximale Masse an spaltbaren Nukliden durch die Summe der Verhältnisse von Nuklidmasse zu deren jeweiligem Grenzwert für jedes spaltbare Nuklid begrenzt.

6.4.11.2 a) ADR (674 (a)) ist auf Versandstücke anwendbar, für die nicht nachgewiesen wurde, dass der Inhalt unter normalen Beförderungsbedingungen (6.4.15.1 ADR (719) – 6.4.15.6 ADR (724)) zurückgehalten wird. Das sind freigestellte Versandstücke und Versandstücke vom Typ IP-1 für LSA-I und SCO-I. Allerdings gestatten die Vorschriften die Benutzung freigestellter Versandstücke und die Klassifizierung als LSA-I nur für Stoffe, die als «nicht spaltbar» oder «spaltbar, freigestellt» klassifiziert sind, was die Anwendung dieser Vorschrift begrenzt. Kleine IP-2-, IP-3- oder Typ A-Versandstücke, für die die Erhaltung der 30 cm als kleinste Abmessung unter normalen Beförderungsbedingungen nicht nachgewiesen wurde, und IP-2- oder IP-3-Versandstücke, die nach den alternativen Anforderungen unter 6.4.5.4.1 ADR (626) bis 6.4.5.4.5 ADR (630) qualifiziert wurden, und für die somit nicht gezeigt wurde, dass deren Inhalt unter normalen Beförderungsbedingungen zurückgehalten wird, sind Versandstücke, die für eine Beförderung nach 6.4.11.2 a) ADR (674(a)) in Frage kommen. Obwohl die CSI-Formel in 6.4.11.2 a) ADR (674(a)) die Masse an spaltbaren Nukliden beschränkt, weil die kleinste äußere Abmessung oder die Leistungsfähigkeit unter normalen Beförderungsbedingungen für das Versandstück nicht bestätigt wurde, kann der Absender diese Massenbegrenzung als eine akzeptable Alternative zum Nachweis der geforderten Leistungsfähigkeit des Versandstücks unter normalen Beförderungsbedingungen sehen.

#### **Begrenzte Anforderungen an die Leistungsfähigkeit und Größe des Versandstücks (6.4.11.2 b) ADR (674(b)))**

6.4.11.2 b) ADR (674(b)) fordert, dass nach den nach 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) (nicht den alternativen Prüfungen für IP-2 und IP-3 nach 6.4.5.4.1 ADR (626) bis 6.4.5.4.5 ADR (630)) beschriebenen Prüfungen für normale Beförderungsbedingungen das Versandstück seinen Inhalt aus spaltbaren Stoffen zurückhält, dass die kleinste Abmessung von 30 cm erhalten bleibt und verhindert wird, dass ein Würfel der Kantenlänge 10 cm eindringt. Der CSI ist aus der Masse der spaltbaren Nuklide im Versandstück nach der folgenden Gleichung zu berechnen:

$$CSI = 50 \cdot 2 \cdot \left( \frac{\text{Masse an U - 235 (g)}}{Z} + \frac{\text{Masse anderer spaltbarer Nuklide(g)}}{280} \right)$$

Der Wert Z ist der Tabelle 6.4.11.2 ADR (Table 13) in Übereinstimmung mit der höchsten Anreicherung des Urans im Versandstück zu entnehmen. Die Masse der spaltbaren Nuklide ist so zu begrenzen, dass der Wert für den CSI des einzelnen Versandstücks 10 nicht überschreitet.

Das bedeutet, dass die höchste erlaubte Masse an Uran-235 zwischen 45 g und 220 g (abhängig von der Anreicherung) und an anderen spaltbaren Nukliden bei 28 g für jedes Versandstück liegt. Für eine Mischung von Uran-235 und anderen spaltbaren Nukliden ist die maximale Masse an spaltbaren Nukliden entsprechend der oben aufgeführten Formel begrenzt.

6.4.11.2 b) ADR (674(b)) deckt die Versandstücke ab, die ihren Inhalt unter den in 6.4.11.12 b) ADR (684(b)) beschriebenen Prüfungen für normale Beförderungsbedingungen (wie in 6.4.15.1 ADR (719) – 6.4.15.6 ADR (724) festgelegt) zurückhalten. Diese Prüfungen sind die gleichen wie die in den Anforderungen für Versandstücke des Typs IP-3 (6.4.5.4.1 ADR (626)) und des Typs A (6.4.7.14 ADR (648)) festgelegten Prüfungen. Versandstücke des Typs IP-2 müssen die wichtigsten dieser Prüfungen, nämlich die in 6.4.15.4 ADR (722) und 6.4.15.5 ADR (723), ebenfalls bestehen. Wenn ein Versandstück die Anforderungen an Typ A, Typ B(U), Typ B(M) oder Typ C erfüllt und außerdem die 30 cm für die kleinste Abmessung eingehalten werden, dann kann 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) angewendet werden. Auf der anderen Seite gibt es Möglichkeiten (6.4.5.4.1 ADR (626) bis 6.4.5.4.5 ADR (630)) Versandstücke als IP-2 oder IP-3 zuzulassen, indem ein alternatives Prüfprogramm zu dem in 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) verwendet wird. Vor der Beförderung von spaltbaren Stoffen in einem IP-2- oder IP-3-Versandstück unter Anwendung 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) muss sichergestellt sein, dass das Versandstück unter 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) den Inhalt zurückhält. Es genügt nicht, davon auszugehen, dass die Klassifizierung als IP-2- oder IP-3-Versandstück automatisch die Erfüllung dieser Anforderung sicherstellt.

Bei der Bewertung der Einhaltung der Vorschriften nach 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) für eine Versandstück-Bauart vom Typ IP-2 oder IP-3 sollte bedacht werden, dass mit „Freisetzung des Inhalts“ hier eine Freisetzung von Mengen gemeint ist, die für die Kritikalität von Bedeutung sind. Ein hilfreiches Beispiel, was für die Kritikalität von Bedeutung ist, kann aus 2.2.7.1.3 c) unter „Spaltbare Stoffe“ des ADR (222(c)) entnommen werden, wo Stoffe mit mehr als 0,25 g an spaltbaren Nukliden als „spaltbar“ definiert sind. Die Freisetzung einer Menge von weniger als 0,25 g, die aus radiologischen Gründen wichtig sein könnte, ist aus Sicht der Kritikalitätssicherheit akzeptabel. Die Dokumentation für die Versandstück-Bauart ist gegebenenfalls zu aktualisieren, um zu bestätigen, dass das Versandstück die notwendigen Anforderungen für die Verwendung von 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) erfüllt.

Ein IP-2- oder IP-3-Versandstück, das nach den alternativen Anforderungen nach 6.4.5.4.1 ADR (626) bis 6.4.5.4.5 ADR (630) ausgelegt wurde, kann ohne weitere Nachweise gemäß 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) immer noch für die Beförderung von spaltbaren Stoffen nach 6.4.11.2 ADR (674) verwendet werden, sofern 6.4.11.2 a) ADR (674(a)) mit dem hieraus folgenden höheren CSI angewendet wird.

### **Begrenzte Anforderungen an die Leistungsfähigkeit bei Begrenzung der Masse an spaltbaren Nukliden auf 15 g (6.4.11.2 c) ADR (674(c))**

6.4.11.2 c) ADR (674(c)) fordert, dass das Versandstück seinen Inhalt an spaltbaren Stoffen zurückhält, die kleinste Abmessung von 10 cm erhalten bleibt und verhindert wird, dass nach den in 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) beschriebenen Prüfungen für normale Beförderungsbedingungen (nicht den alternativen Prüfungen für IP-2 und IP-3 nach 6.4.5.4.1 ADR (626) bis 6.4.5.4.5 ADR (630)) ein Würfel mit einer Kantenlänge von 10 cm eindringt. Der CSI ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen und die höchste Masse an spaltbaren Nukliden ist 15 g pro Versandstück:

$$CSI = 50 \cdot 2 \cdot \left( \frac{\text{Masse an U - 235 (g)}}{450} + \frac{\text{Masse anderer spaltbarer Nuklide(g)}}{280} \right)$$

Statt eines CSI-Grenzwertes wird ein eindeutiger 15 g-Grenzwert für spaltbare Nuklide in einem einzelnen Versandstück verwendet und dieser wurde bewusst so wie der Grenzwert in 2.2.7.2.3.5 (a)(i) der Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (417(a)(i) der Ausgabe 2009 der IAEA-Empfehlungen) gewählt, um den Übergang von den vorherigen Vorschriften zu erleichtern. Die oben genannte Gleichung verwendet als Bezugswert für die U-235-Masse abdeckend den Wert für 100% angereichertes Uran in Tabelle 6.4.11.2 ADR (Table 13).

Die oben geführte Diskussion über die Klassifizierung von IP-2- und IP-3-Versandstück-Bauarten in Bezug auf die alternativen Prüfungen für IP-2- und IP-3-Versandstücke nach 6.4.5.4.1 ADR (626) bis 6.4.5.4.5 ADR (630) trifft auch auf die Anforderungen an die Rückhaltung des Inhalts und der kleinsten Abmessungen bei 6.4.11.2 c) ADR (674(c)) zu.

### **Begrenzungen bei Beryllium, Deuterium und Graphit (6.4.11.2 ADR (674(d)))**

Es muss nachgewiesen werden, dass die Grenzwerte für Beryllium, Deuterium und Graphit nach 6.4.11.2 ADR (674(d)) eingehalten werden, wenn das Versandstück für die Beförderung vorbereitet wird. Es ist nicht gefordert nachzuweisen, dass diese Grenzwerte auch unter normalen und Unfall-Beförderungsbedingungen eingehalten werden.

### **Spezifische Plutoniumisotopen-Zusammensetzung (6.4.11.3 ADR (675))**

Plutonium unter den Bedingungen der Vorschrift in 6.4.11.3 ADR (675) war von der Klassifizierung als «SPALTBAR» in den Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (Ausgabe 2009 der IAEA-Empfehlungen) und den früheren Vorschriften (2.2.7.2.3.5 d) ADR (417(d))) ausgenommen, erfordert aber jetzt die Klassifizierung als «SPALTBAR» und ist in das System der CSI-Überwachung eingefügt. Durch diese Vorschrift soll die Beförderung von hochkonzentriertem Plutonium-238 erleichtert werden, welches als Energiequelle verwendet wird. Diese Vorschrift legt nichts für den Versandstück-Typ fest. Allerdings ist aufgrund der Plutoniummasse wahrscheinlich ein Typ B(U)- oder ein Typ B(M)-Versandstück erforderlich. Nicht mehr als 20% der Masse an Plutonium dürfen spaltbare Nuklide sein und die Masse an Uran, wenn vorhanden, soll nicht mehr als 1 % der Plutoniummasse betragen. Der CSI ist nach der folgenden Gleichung zu berechnen und die höchste Masse an Plutonium ist ausdrücklich auf 1000 g pro Versandstück festgelegt:

$$CSI = 50 \cdot 2 \cdot \left( \frac{\text{Masse an Plutonium (g)}}{1000} \right)$$

## 5. Anforderungen an Kennzeichnung und Bezettelung bei den genannten Vorschriften

Tabelle 3 fasst die Anforderungen an die Kennzeichnung, Bezettelung und Beförderungsdokumentation in Verbindung mit einer Beförderung entsprechend den beschriebenen Vorschriften zur Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten (einschließlich der Stoffe, die nicht als spaltbare Stoffe definiert sind) zusammen. Es ist beabsichtigt, durch diese Übersichtsdarstellung den Absender zu unterstützen, aber auch den Beförderer und Empfänger darüber zu informieren, was auf einem Versandstück angegeben sein muss und welche Dokumentation zu jeder Vorschrift gehört.

**Tabelle 3: Anforderungen an die Beförderung hinsichtlich Kennzeichnung, Bezettelung und Beförderungsdokumentation**

Nummer	Vorschrift	Beförderungsdokumentation (bezogen auf die spaltbaren Eigenschaften 5.4.1.2.5.1 f) - g) ADR (546(j)-(k))	UN-Nummer	Kennzeichnung und Bezettelung der Versandstücke (bezogen auf die spaltbaren Eigenschaften)	Zusätzliche Anforderungen aufgrund der spaltbaren Eigenschaften während der Beförderung	Bemerkung
2.2.7.1.3 ADR (222)	Stoffe nicht als spaltbare Stoffe definiert	keine	«nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt»	keine	keine	
2.2.7.2.3.5 a) - d) ADR (417(a)-(d))	in Versandstücken oder unverpackt, ausgenommen von der Klassifizierung als «SPALTBAR» und von der Überwachung der Ansammlung durch CSI («nicht spaltbar oder spaltbar, freigestellt»)	Verweis auf den entsprechenden Buchstaben in 2.2.7.2.3.5 ADR (417) (nur einer pro Sendung) Angabe der Masse an spaltbaren Nukliden, falls es sich um 2.2.7.2.3.5 c) oder d) ADR (417(c) oder (d)) handelt		Angabe der gesamten Masse an spaltbaren Nukliden statt der Aktivität (5.2.2.1.11.2 b) ADR (540(b)) ist möglich	keine	
2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e))		Verweis auf 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) Angabe der Masse an spaltbaren Nukliden		Angabe der gesamten Masse an spaltbaren Nukliden statt der Aktivität (5.2.2.1.11.2 b) ADR (540(b)) ist möglich, kann unverpackt sein	Sendung unter ausschließlicher Verwendung, Grenzwert von 45g an spaltbaren Nukliden pro Beförderungsmittel	
2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f))		Verweis auf 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) und die entsprechende Zulassung der Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen		Angabe der gesamten Masse an spaltbaren Nukliden statt der Aktivität (5.2.2.1.11.2 b) ADR (540(b)) ist möglich	keine	Benötigt eine multilaterale Zulassung der Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen (5.1.5.2.1 a)(iii) ADR (802(a)(iii))

Leitfaden für die Beförderung von Stoffen, die spaltbare Nuklide enthalten (ab 2015)

Nummer	Vorschrift	Beförderungsdokumentation (bezogen auf die spaltbaren Eigenschaften 5.4.1.2.5.1 f) - g) ADR (546(j)-(k))	UN-Nummer	Kennzeichnung und Bezeichnung der Versandstücke (bezogen auf die spaltbaren Eigenschaften)	Zusätzliche Anforderungen aufgrund der spaltbaren Eigenschaften während der Beförderung	Bemerkung
6.4.11.2 ADR (674), 6.4.11.3 ADR (675)	in Versandstücken mit Überwachung der Ansammlung durch CSI, ausgenommen von der Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde	Angabe des CSI für jedes Versandstück und die angewendeten Unterparagraphen von 6.4.11.2 ADR (674) oder 6.4.11.3 ADR (675)	«SPALTBAR»	Angabe der gesamten Masse an spaltbaren Nukliden statt der Aktivität (5.2.2.1.11.2 b) ADR (540(b))) ist möglich, CSI Gefahrzettel nach Muster Nr. 7E erforderlich (5.2.2.1.11.3 ADR (541))), Das Versandstück-Kennzeichen darf nicht "...F" enthalten	CSI-Grenzwert für das Beförderungsmittel (7.5.11 CV 33 (3.3) c) ADR (566(c))), Grenzwert für den gesamten CSI für eine Gruppe von Versandstücken während der Beförderung oder Zwischenlagerung (7.5.11 CV 33 (4.1) ADR (568), 7.5.11 CV 33 (4.2) ADR (569))	
Andere	in Versandstücken mit Überwachung der Ansammlung durch CSI und mit Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde, oder mit Sondervereinbarung	Die behördliche Zulassung; Angabe der Zulassungskennzeichen für die Versandstück-Bauarten, oder für Sondervereinbarungen		Angabe der gesamten Masse an spaltbaren Nukliden statt der Aktivität (5.2.2.1.11.2 b) ADR (540(b))) ist möglich Angabe des CSI erforderlich (5.2.2.1.11.3 ADR (541)), Das Versandstück-Kennzeichen (5.2.1.7.5 ADR (535)) muss "...F" enthalten, ausgenommen Sondervereinbarung		Eine multilaterale Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe ist erforderlich (6.4.22.4 ADR (814))

## Hinweis für den Beförderer

Versandstücke, die nach den Vorschriften in 6.4.11.2 ADR (674) oder 6.4.11.3 ADR (675) versendet werden, tragen einen CSI-Gefahrzettel (nach Muster Nr. 7E) wie in 5.2.2.1.11.3 ADR (541) gefordert und werden als «SPALTBAR» klassifiziert. Allerdings ist für die Versandstück-Bauart keine Zulassung als Versandstück, das spaltbare Stoffe enthält, erforderlich, folglich darf ein Kennzeichen auf dem Versandstück kein „F“ haben, um die Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe (z.B. B(U)F-96) anzuzeigen. Das ist die Absicht der überarbeiteten Ausgabe des ADR (der IAEO-Empfehlungen) und stellt keinen Widerspruch oder Fehler dar. Das Kennzeichen wird nicht direkt für die Kontrolle der Kritikalitätssicherheit oder unter Notfall-Bedingungen verwendet, aber die Anforderungen für den gesamten CSI müssen eingehalten werden. Die Beförderungsdokumente verweisen entsprechend auf 6.4.11.2 ADR (674) oder 6.4.11.3 ADR (675).

## 5.1 Beförderungsdokumente

### 2.2.7.2.3.5 a) - f) ADR (417(a)-(f))

Der Absender soll gemäß 5.4.1.2.5.1 ADR (546) in den Beförderungsdokumenten zu jeder Sendung (außer Sendungen, die nur aus freigestellten Versandstücken bestehen) einen Verweis auf die Nummer des ADR eintragen, nach der versendet wird, und falls nach 2.2.7.2.3.5 c) - e) ADR (417(c)-(e)) versendet wird, auch die gesamte Masse an spaltbaren Nukliden. Falls die Sendungen nur aus freigestellten Versandstücken bestehen, wird empfohlen, dass die Beförderungsdokumente die gleichen Informationen enthalten.

Die Beförderungsdokumente für Sendungen aus Versandstücken, die nach 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) versendet werden, müssen auch die Kennzeichen der Zulassungen der Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen enthalten.

### 6.4.11.2 a) - c) ADR (674(a)-(c)) und 6.4.11.3 ADR (675)

Der Absender soll gemäß 5.4.1.2.5.1 ADR (546) in den Beförderungsdokumenten zu jeder Sendung einen Verweis auf die Nummer des ADR eintragen, nach der versendet wird, sowie den CSI.

## 6. Übergangsvorschriften

1.6.6.3 ADR (822) gibt die Übergangsvorschriften für Versandstücke wieder, die für die „Beförderung vorbereitet“ wurden, in der Erwartung, dass sie nach den Vorschriften des Absatzes 2.2.7.2.3.5 a)(i) oder 2.2.7.2.3.5 a)(iii) der Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (417(a)(i) oder 417(a)(iii) der Ausgabe 2009 der IAEO-Empfehlungen) befördert werden würden.

Das Ziel der Übergangsvorschriften ist, nach dem 1. Januar 2015 die Beförderung fortzuführen, ohne dass ein Neuverpacken der Stoffe notwendig wird, um die revidierten Anforderungen zu erfüllen. Allerdings ist mit der Begrenzung auf die bereits beladenen Versandstücke beabsichtigt, dass die Vorbereitung der Versandstücke von 2015 an in Übereinstimmung mit den Anforderungen der Ausgabe 2015 des ADR sichergestellt ist.

Mit „für die Beförderung vorbereitet“ ist gemeint, dass das Versandstück bis zum 31. Dezember 2014 beladen und verschlossen sein muss. Vor der Versendung erforderliche abschließende Arbeiten (z.B. Bezettelung, Anbringen von Stoßdämpfern oder Verschließen von Öffnungen), die lange nach der Beladung und Verschluss des Versandstücks erfolgen können, verhindern nicht die Anwendung dieser Übergangsvorschriften.

In den Übergangsvorschriften wurden die Sendungsgrenzwerte in 2.2.7.2.3.5 a)(i) und 2.2.7.2.3.5 a)(iii) der Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (417(a)(i) und 417(a)(iii) der Ausgabe 2009 der IAEO-Empfehlungen) durch Grenzwerte für das Beförderungsmittel ersetzt. Alle Beförderungen nach diesen Übergangsvorschriften müssen unter ausschließlicher Verwendung stattfinden.

## 7. Anwendungsbeispiele

### Liste der unten beschriebenen Anwendungsbeispiele

Anwendungsbeispiel	Beschreibung	Nummer
1	Versandstücke, die auf 5 % angereichertes Uran mit 15 g an U-235 enthalten (keine anderen spaltbaren Nuklide vorhanden)	2.2.7.2.3.5 ADR (417(e)), 6.4.11.2 a) - c) ADR (674(a)-(c))
2	200-Liter-Fass als Typ A-Versandstück, das 100 g an spaltbaren Nukliden enthält	2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)), 6.4.11.2 b) ADR (674(b))
3	Ein Versandstück, für das bisher eine Zulassung für spaltbare Stoffe erforderlich war und welches jetzt unter 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) oder 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) transportierbar ist	2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) 6.4.11.2 b) ADR (674(b))
4	Abfallstoffe, die kleine Mengen an spaltbaren Nukliden enthalten	2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f))

Der folgende Abschnitt legt die möglichen Vorschriften dar, die für jedes Beispiel angewendet werden können. Die Verwendung einer zugelassenen Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe in Verbindung mit einer UN-Nummer «SPALTBAR» und CSI-Überwachung würde in jedem Fall eine alternative Option sein. Dies könnte entweder durch die Verwendung einer bestehenden Zulassung erfolgen oder, falls keine passende Zulassung vorhanden ist, könnte dann eine neue Zulassung beantragt werden.

### 7.1 Anwendungsbeispiel 1 - Versandstücke, die auf 5 % angereichertes Uran mit 15 g an U-235 enthalten (keine anderen spaltbaren Nuklide vorhanden)

Die Versandstücke waren früher nach 2.2.7.2.3.5 a)(i) der Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (417(a)(i) der Ausgabe 2009 der IAEO-Empfehlungen) als «spaltbar, freigestellt» transportierbar, mit einem Grenzwert von 15 g an spaltbaren Nukliden in einem Versandstück und einem Sendungsgrenzwert von 400 g an U-235. Diese Erlaubnis wird in der Ausgabe 2015 des ADR zurückgenommen.

Nach der Ausgabe 2015 des ADR gilt:

- Die Versandstücke können unter **6.4.11.2 b) ADR (674(b))** befördert werden, wenn die kleinste äußere Abmessung der Versandstücke nicht weniger als 30 cm beträgt, und nachgewiesen ist, dass nach den in 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) beschriebenen Prüfungen für normale Beförderungsbedingungen der Inhalt mit spaltbaren Stoffen zurückgehalten wird, die kleinste Abmessung von 30 cm erhalten bleibt und das Eindringen eines 10 cm großen Würfels verhindert wird. Bei Anwendung dieser Vorschrift liegen die von der CSI-Formel abgeleiteten U-235 Grenzwerte für ein Versandstück bei 85 g und für das Beförderungsmittel bei 425 g (oder 850 g für eine Sendung unter ausschließlicher Verwendung nach Erteilung einer verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigung). Die Versandstücke müssen darüber hinaus die Grenzwerte für Graphit, Beryllium und Deuterium in 6.4.11.2 d) ADR (674(d)) einhalten, müssen unter einer UN-Nummer mit «SPALTBAR» befördert werden und unterliegen der CSI-Überwachung.
- Die Versandstücke können unter **6.4.11.2 c) ADR (674(c))** befördert werden, wenn die kleinste äußere Abmessung der Versandstücke weniger als 30 cm, aber nicht weniger als 10 cm be-

trägt, und nachgewiesen ist, dass nach den in 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) beschriebenen Prüfungen unter normalen Beförderungsbedingungen deren Inhalt aus spaltbaren Stoffen zurückgehalten wird, die kleinste Abmessung von 10 cm erhalten bleibt und das Eindringen eines 10 cm großen Würfels verhindert wird. In diesem Fall betragen die U-235 Grenzwerte für ein Versandstück 15 g und, von der CSI-Formel abgeleitet, für das Beförderungsmittel 225 g (oder 450 g für eine Sendung unter ausschließlicher Verwendung nach Erteilung einer verkehrsrechtlichen Beförderungsgenehmigung). Die Versandstücke müssen darüber hinaus die Grenzwerte für Graphit, Beryllium und Deuterium in 6.4.11.2 d) ADR (674(d)) einhalten, müssen unter einer UN-Nummer mit «SPALTBAR» befördert werden und unterliegen der CSI-Überwachung.

- **6.4.11.2 a) ADR (674(a))** ist eine Option für IP-2- und IP-3-Versandstücke, die nach den alternativen Anforderungen in 6.4.5.4.1 ADR (626) bis 6.4.5.4.5 ADR (630) ausgelegt sind oder für die nicht nachgewiesen ist, dass nach den in 6.4.15.1 ADR (719) bis 6.4.15.6 ADR (724) beschriebenen Prüfungen unter normalen Beförderungsbedingungen die kleinste Abmessung von 30 cm erhalten bleibt und das Eindringen eines 10 cm großen Würfels verhindert wird. Die von der CSI-Formel abgeleiteten U-235-Grenzwerte sind dann weiter verringert, und zwar für jedes Versandstück auf 34 g und für das Beförderungsmittel auf 170 g (oder 340 g für eine Sendung unter ausschließlicher Verwendung und unter der Voraussetzung einer Beförderungsgenehmigung). Die Versandstücke müssen darüber hinaus die Grenzwerte für Graphit, Beryllium und Deuterium in 6.4.11.2 d) ADR (674(d)) einhalten, müssen unter einer UN-Nummer mit «SPALTBAR» befördert werden und unterliegen der CSI-Überwachung.
- Die Ausnahme nach **2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e))** kann verwendet werden, wenn die gesamte Masse an U-235 pro Beförderungsmittel auf 45 g begrenzt und die Sendung unter ausschließlicher Verwendung durchgeführt werden kann.

## 7.2 Anwendungsbeispiel 2 - 200-Liter-Fass als Typ A-Versandstück, das 100 g an spaltbaren Stoffen enthält

Das Versandstück war bisher unter 2.2.7.2.3.5 a)(iii) ADR der Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (417(a)(iii) der Ausgabe 2009 der IAEO-Empfehlungen) als « spaltbar, freigestellt» transportierbar, unterlag den Grenzwerten in 2.2.7.2.3.5 a)(iii) ADR der Ausgaben 2011 und 2013 des ADR (417(a)(iii) der Ausgabe 2009 der IAEO-Empfehlungen), einem Materialgrenzwert von 5 g an spaltbaren Nukliden in 10 Litern und einem Sendungsgrenzwert von 400 g an spaltbaren Nukliden. Diese Erlaubnis wird in der Ausgabe 2015 des ADR zurückgenommen.

Nach der Ausgabe 2015 des ADR gilt:

- Die Grenzwerte in 2.2.7.2.3.5 c) - e) ADR (417(c)-(e)) werden vom bisher maximal zulässigen Inhalt überschritten.
- 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) kann verwendet werden, wenn ausreichendes Wissen über die Verteilung der spaltbaren Nuklide und die Beschaffenheit der nicht spaltbaren Stoffe vorhanden ist. Dies kann entweder durch die Verwendung einer bestehenden Zulassung einer Bauart von gemäß 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417 (f)) freigestellten spaltbaren Stoffen erfolgen, oder, falls keine passende Zulassung vorhanden ist, kann eine solche Bauart für spaltbare Stoffe gemäß 2.2.7.2.3.6 ADR (606) beantragt werden. Wenn diese von der zuständigen Behörde in einem Zulassungszeugnis gemäß 5.1.5.2.1 a)(iii) ADR (802 (a)(iii)) genehmigt wurde, kann unter 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)) befördert werden und es gibt keine Begrenzung der Menge der in Übereinstimmung mit der Spezifikation zu versendenden spaltbaren Stoffe pro Versandstück, Sendung oder Beförderungsmittel mehr.
- Ob 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) verwendet werden kann, hängt von der Art und Masse der spaltbaren Nuklide und den Eigenschaften der Verpackung ab. Die Versandstücke sind hier vom Typ A und deshalb halten sie ihren Inhalt unter normalen Beförderungsbedingungen zurück. Also ist 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) eine Option, vorausgesetzt, die kleinste Abmessung von 30 cm bleibt unter normalen Beförderungsbedingungen erhalten. Im Fall von U-235 als einzigem spaltbaren Nuklid, ist die Masse an U-235 pro Versandstück begrenzt auf

- 220 g bis zu einer Anreicherung von 1,5 %,
- 85 g bis zu einer Anreicherung von 5 %,
- 66 g bis zu einer Anreicherung von 10 %,
- 58 g bis zu einer Anreicherung von 20 % und
- 45 g bis zu einer Anreicherung von 100 % (und für eine unbekannte Anreicherung).

Für andere spaltbare Nuklide würde die größtmögliche Masse pro Versandstück nur 28 g betragen. Daher ist es möglich 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) zu verwenden, wenn die Versandstücke nur sehr niedrig angereichertes Uran enthalten. Die Versandstücke müssen darüber hinaus die Grenzwerte für Graphit, Beryllium und Deuterium in 2.2.7.2.3.5 d) ADR (674(d)) einhalten.

- Wenn die Versandstücke eine Abmessung von 30 cm nicht beibehalten, dann fällt der Grenzwert unter 6.4.11.2 a) ADR (674(a)) für Uran mit einer Anreicherung von 1,5 % auf 88 g. Daher ist dies keine Option. Offensichtlich würde 6.4.11.2 c) ADR (674(c)) in diesem Beispiel auch nicht anwendbar sein.

### **7.3 Anwendungsbeispiel 3 - Ein Versandstück, für das bisher eine Zulassung für spaltbare Stoffe erforderlich war und welches jetzt unter 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) oder 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) transportierbar ist**

Das Versandstück enthalte 45 g an U-235 bei einer Anreicherung von 100 % konzentriert an einem Ort. Für das Versandstück würde nach den Ausgaben 2011 und 2013 des ADR eine Zulassung der Versandstück-Bauart für spaltbare Stoffe durch die zuständige Behörde erforderlich sein.

Nach der Ausgabe 2015 des ADR gilt:

- Das Versandstück kann gemäß 2.2.7.2.3.5 e) ADR (417(e)) als «spaltbar, freigestellt» befördert werden, solange sich die Sendung unter ausschließlicher Verwendung befindet und die Ansammlung von spaltbaren Nukliden auf einem Beförderungsmittel begrenzt wird und höchstens 45 g beträgt.
- Das Versandstück kann unter 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) transportierbar sein. Das würde bedeuten, dass die von der CSI-Formel abgeleiteten Grenzwerte für die Masse der spaltbaren Nuklide für ein Versandstück und das Beförderungsmittel 45 g bzw. 225 g betragen. Das Versandstück muss weitere Anforderungen an das Design wie in 6.4.11.2 b) ADR (674(b)) und an den Inhalt wie in 6.4.11.2 d) ADR (674(d)) festgelegt einhalten und muss unter einer UN-Nummer mit «SPALTBAR» klassifiziert werden und unterliegt der CSI-Überwachung.

### **7.4 Anwendungsbeispiel 4 - Abfallstoffe, die kleine Mengen an spaltbaren Nukliden enthalten**

Von Abfällen sei bekannt, dass sie spaltbare Nuklide in Form von hoch angereichertem Uran enthalten und der Betreiber schätzt, dass nicht mehr als 1 g an Uran pro 2 kg des Stoffes enthalten sind. Die Dichte des Abfalls übersteigt  $1 \text{ g/cm}^3$ , so dass ein 200 l-Fass dieses Stoffes mindestens 0,1 kg an Uran enthalten und somit die Grenzwerte in 2.2.7.2.3.5 d) - e) ADR (417(d)-(e)) übersteigen würde. 6.4.11.2 ADR (674) könnte nicht angewendet werden, weil der berechnete CSI für jedes Fass 10 übersteigen würde. Der Betreiber schätzt, dass durch die vorgesehene Bearbeitung des Abfalls gesichert ist, dass das Uran gleichmäßig im Stoff verteilt ist und dass 1 g eine gute obere Grenze für den Inhalt an Uran für die große Mehrheit an 2 kg-Stoffproben ist, die genommen werden können. Der Betreiber hat keinen Mechanismus erkannt, wodurch sich das Verhältnis nach einem Unfall oder aufgrund menschlichen Eingreifens während eines Notfalls signifikant ändern würde. Solch ein Stoff ist ein Kandidat für eine Ausnahme unter 2.2.7.2.3.5 f) ADR (417(f)), wenn ein angemessener Kritikalitätssicherheitsnachweis durchgeführt werden kann.

## 8. Literaturverzeichnis

- [1] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the safe Transport of Radioactive material, 2012 Edition, Specific Safety Requirements No. SSR-6, Vienna (2012)
- [2] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Guidance on the Revised Provisions in SSR-6 for Transport of Fissile Material, Draft June 2014, Vienna (2014)
- [3] Europäisches Übereinkommen vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) (BGBl. 1969 II S. 1489), Anlagen A und B in der Fassung der Bekanntmachung vom 03. Juni 2013 (BGBl. 2013 II S. 648), das zuletzt durch die 24. ADR-Änderungsverordnung vom 06. Oktober 2014 (BGBl. 2014 II S. 722) geändert worden ist
- [4] Europäisches Übereinkommen vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) (BGBl. 1969 II S. 1489), Anlagen A und B in der Fassung der Bekanntmachung vom 25. November 2010 (BGBl. 2010 II S. 1412)
- [5] Europäisches Übereinkommen vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) (BGBl. 1969 II S. 1489), Anlagen A und B in der Fassung der Bekanntmachung vom 03. Juni 2013 (BGBl. 2013 II S. 648)
- [6] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Regulations for the safe Transport of Radioactive material, 2009 Edition, Safety Requirements No. TS-R-1, IAEA, Vienna (2009)
- [7] INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material (2012 Edition), Specific Safety Guide No. SSG-26, Vienna (2014)

# | Verantwortung für Mensch und Umwelt |

**Kontakt:**  
**Bundesamt für Strahlenschutz**  
Postfach 100149  
38201 Salzgitter  
Telefon: + 49 30 18333-0  
Telefax: + 49 30 18333-1885  
Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)  
E-Mail: [ePost@bfs.de](mailto:ePost@bfs.de)

