

vom 21. März 2012 (Stand am 1. Mai 2012)

---

*Der Schweizerische Bundesrat,*

gestützt auf Artikel 101 Absatz 1 des Kernenergiegesetzes vom 21. März 2003<sup>1</sup> (KEG),

auf die Artikel 4, 11 und 22 Absatz 1 des Güterkontrollgesetzes vom 13. Dezember 1996<sup>2</sup>,

sowie auf die Artikel 17 Absatz 2 und 47 Absatz 1 des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991<sup>3</sup>,

*verordnet:*

## 1. Abschnitt: Allgemeine Bestimmungen

### Art. 1 Zweck

Diese Verordnung regelt insbesondere den Vollzug des Abkommens vom 6. September 1978<sup>4</sup> zwischen der Schweizerischen Eidgenossenschaft und der Internationalen Atomenergie-Organisation (IAEO) über die Anwendung von Sicherungsmassnahmen im Rahmen des Vertrages über die Nichtverbreitung von Kernwaffen (Safeguardsabkommen) und des Zusatzprotokolls vom 16. Juni 2000<sup>5</sup> zum Safeguardsabkommen.

### Art. 2 Gegenstand, Geltungsbereich

<sup>1</sup> Diese Verordnung gilt für:

- a. Kernmaterialien im Sinne von Artikel 1 der Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004<sup>6</sup> (KEV);
- b. Materialien nach Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe b und c KEV;
- c. folgende Anlagen mit Kernmaterialien:
  1. Forschungsreaktoren und kritische Anlagen,
  2. Leistungsreaktoren,
  3. Lager für Kernmaterialien,
  4. weitere Anlagen, in denen mit Kernmaterialien umgegangen wird;

AS 2012 1703

<sup>1</sup> SR 732.1

<sup>2</sup> SR 946.202

<sup>3</sup> SR 814.50

<sup>4</sup> SR 0.515.031

<sup>5</sup> SR 0.515.031.1

<sup>6</sup> SR 732.11

- d. folgende Anlagen ohne Kernmaterialien:
    1. im Bau befindliche Anlagen nach Buchstabe c,
    2. ausser Betrieb genommene und stillgelegte Anlagen nach Buchstabe c,
    3. Anlagen, in denen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf durchgeführt werden;
  - e. Herstellung, Montage und Bau bestimmter kerntechnischer Ausrüstungen nach Anhang 2;
  - f. Herstellung und Anreicherung von Schwerwasser und Deuterium nach Anhang 2;
  - g. Ein- und Ausfuhr von Kernmaterialien sowie von Gütern nach Anhang 3;
  - h. Besitz, Ein- und Ausfuhr von bestimmten Kernmaterialien sowie von Materialien nach Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe b und c KEV;
  - i. Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf ausserhalb von Anlagen.
- <sup>2</sup> Die Verordnung gilt für:
- a. das schweizerische Zollgebiet;
  - b. die schweizerischen offenen Zolllager;
  - c. die schweizerischen Lager für Massengüter;
  - d. die schweizerischen Zollfreilager; sowie
  - e. die schweizerischen Zollausschlussgebiete.

### **Art. 3** Begriffsbestimmungen

Für diese Verordnung gelten die Begriffsbestimmungen nach Anhang 1.

### **Art. 4** Zuständigkeiten

Zuständig für die Aufsicht über die Safeguardsmassnahmen (Aufsichtsbehörde) ist:

- a. das Bundesamt für Energie (BFE) für Massnahmen nach dem 2., 3. und 6. Abschnitt sowie nach Artikel 16 und 18;
- b. das Staatssekretariat für Wirtschaft (SECO) für Massnahmen nach dem 4. Abschnitt sowie nach Artikel 17 und 19.

### **Art. 5** Beginn, Befreiung und Beendigung von Safeguardsmassnahmen

<sup>1</sup> Kernmaterialien unterstehen Safeguardsmassnahmen, wenn sie in einer solchen Zusammensetzung und einem solchen Grad an Reinheit hergestellt oder eingeführt werden, dass sie für die Brennstoffherzeugung oder Isotopenanreicherung geeignet sind.

<sup>2</sup> Das BFE wird beauftragt, die Anforderungen an die Befreiung von Safeguardsmassnahmen nach Artikel 36 und 37 des Safeguardsabkommens<sup>7</sup>, an die Beendigung von Safeguardsmassnahmen nach Artikel 11 und 35 des Abkommens sowie an die Wiederanwendung der Safeguardsmassnahmen nach Artikel 38 des Abkommens in Richtlinien zu regeln.

## **2. Abschnitt: Safeguardsmassnahmen für Anlagen mit Kernmaterialien**

### **Art. 6** Safeguardsverantwortliche

<sup>1</sup> Der Inhaber einer Betriebsbewilligung nach Artikel 19 KEG (Bewilligungsinhaber) hat eine Verantwortliche oder einen Verantwortlichen für Safeguardsmassnahmen und eine Stellvertreterin oder einen Stellvertreter (Safeguardsverantwortliche) zu bezeichnen und diese mit den erforderlichen Kompetenzen und Mitteln auszustatten.

<sup>2</sup> Die Safeguardsverantwortlichen müssen die Verpflichtungen aus den massgeblichen Abkommen und Vereinbarungen zwischen der Schweiz und der IAEO kennen.

<sup>3</sup> Das BFE wird beauftragt, die detaillierten Anforderungen an Kenntnisse der Safeguardsverantwortlichen in Richtlinien zu regeln.

### **Art. 7** Interne Safeguardsvorschriften

<sup>1</sup> Jeder Bewilligungsinhaber erstellt interne Regeln betreffend Safeguardsmassnahmen.

<sup>2</sup> Das BFE wird beauftragt, die Anforderungen an diese internen Regeln in Richtlinien zu regeln.

### **Art. 8** Festlegung von Materialbilanzzonen

<sup>1</sup> Der Bewilligungsinhaber hat für die Bereiche, in denen sich Kernmaterialien befinden, Materialbilanzzonen festzulegen.

<sup>2</sup> Er hat den Umfang einer Materialbilanzzone derart zu begrenzen, dass der Bestand von Kernmaterialien innerhalb der Zone sowie Transporte von Kernmaterialien über die Grenzen der Zone jederzeit festgestellt werden können.

<sup>3</sup> Er hat eine Materialbilanzzone so zu unterteilen, dass Bewegungen innerhalb der Materialbilanzzone jederzeit festgestellt werden können.

### **Art. 9** Buchführungspflichten

<sup>1</sup> Der Bewilligungsinhaber hat für jede Materialbilanzzone über den Bestand von Kernmaterialien laufend nach Anhang 4 Buch zu führen.

<sup>2</sup> Die Buchführung besteht aus:

<sup>7</sup> SR 0.515.031

- a. Bestands- und Bestandsänderungsberichten über sämtliche Kernmaterialien nach Anhang 4 Ziffer 1 Buchstabe b;
- b. Betriebsprotokollen für Standorte mit Kernmaterialien nach Anhang 4 Ziffer 1 Buchstabe c.

<sup>3</sup> Das System der Messungen, das der Buchführung dient, hat den neuesten internationalen Standards zu entsprechen oder ihnen qualitativ gleichwertig zu sein.

<sup>4</sup> Die Unterlagen der Buchführung sind mindestens 10 Jahre aufzubewahren.

#### **Art. 10** Berichterstattungspflichten

<sup>1</sup> Der Bewilligungsinhaber ist verpflichtet, dem BFE Folgendes einzureichen:

- a. Auslegungs- und Zusatzinformationen nach Anhang 4 Ziffer 1 Buchstabe a;
- b. Bestands- und Änderungsberichte nach Anhang 4 Ziffer 1 Buchstabe b.

<sup>2</sup> Das BFE wird beauftragt, die detaillierten Anforderungen an Inhalt, Form und Periodizität der Berichte in Richtlinien zu regeln.

#### **Art. 11** Inspektionen

Inspektionen nach Anhang 5 Ziffer 1 können durchgeführt werden, um insbesondere zu überprüfen, ob:

- a. die eingereichten Auslegungs- und Zusatzinformationen der Anlage entsprechen;
- b. die Buchführung ordnungsgemäss erfolgt;
- c. die Berichte nach Artikel 10 dem vorhandenen Bestand an Kernmaterialien entsprechen.

### **3. Abschnitt:**

#### **Safeguardsmassnahmen für Anlagen ohne Kernmaterialien**

#### **Art. 12** Festlegung von Zonen

Die oder der Verfügungsberechtigte einer Anlage ohne Kernmaterialien (Verfügungsberechtigte) hat für die Anlagen nach Artikel 2 Absatz 1 Buchstabe d die Zonen festzulegen, in denen:

- a. mit Kernmaterialien umgegangen werden kann oder umgegangen wurde (Art. 2 Abs. 1 Bst. d Ziff. 1 und 2);
- b. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoff-Kreislauf durchgeführt werden (Art. 2 Abs. 1 Bst. d Ziff. 3).

#### **Art. 13** Berichterstattungspflichten

<sup>1</sup> Die oder der Verfügungsberechtigte hat dem BFE die im Anhang 4 Ziffer 2 oder Ziffer 3 aufgeführten Berichte einzureichen.

<sup>2</sup> Das BFE wird beauftragt, die detaillierten Anforderungen an Inhalt, Form und Periodizität der Berichte in Richtlinien zu regeln.

#### **Art. 14** Inspektionen

<sup>1</sup> Die oder der Verfügungsberechtigte hat eine Verantwortliche oder einen Verantwortlichen für die Durchführung von Inspektionen zu bezeichnen und mit den erforderlichen Kompetenzen und Mitteln auszustatten.

<sup>2</sup> Inspektionen nach Anhang 5 Ziffer 2 können durchgeführt werden, um insbesondere zu überprüfen, ob:

- a. die Berichterstattung ordnungsgemäss erfolgt ist;
- b. Kernmaterialien vorhanden sind.

### **4. Abschnitt: Safeguardsmassnahmen bei Herstellung, Montage und Bau bestimmter kerntechnischer Ausrüstungen sowie bei Herstellung und Anreicherung von Schwerwasser und Deuterium**

#### **Art. 15**

<sup>1</sup> Wer Tätigkeiten nach Anhang 2 ausübt, hat dies jährlich dem SECO zu melden. Die jährlichen Meldungen müssen spätestens 90 Tage nach Jahresende erfolgen.

<sup>2</sup> Die Meldungen müssen Angaben zu Ort, Art und Umfang der Tätigkeiten enthalten.

<sup>3</sup> Diese Meldungen können durch Inspektionen überprüft werden.

### **5. Abschnitt: Safeguardsmassnahmen betreffend die Ein-, Ausfuhr und Transporte sowie Buchführung für Kernmaterialien im Ausland**

#### **Art. 16** Meldepflicht für die Ein- und Ausfuhr sowie den Transport von Kernmaterialien

<sup>1</sup> Wer Kernmaterialien ein- oder ausführt oder im Inland transportiert, hat dem BFE spätestens 30 Tage vor dem Transport die Menge, die chemische Zusammensetzung und die Verwendung zu melden. Vorbehalten bleiben die Bewilligungspflichten nach Artikel 6 Absatz 1 KEG.

<sup>2</sup> Wer Materialien nach Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe b KEV<sup>8</sup> ein- oder ausführt oder im Inland transportiert, hat dem BFE spätestens 30 Tage vor dem Transport die Menge, die chemische Zusammensetzung und die Verwendung zu melden, sofern der Reingehalt an Ausgangsmaterialien mehr als 1000 kg pro Quartal ausmacht.

<sup>8</sup> SR 732.11

<sup>3</sup> Das BFE wird beauftragt, die detaillierten Anforderungen an Inhalt und Form der Meldungen in Richtlinien zu regeln.

#### **Art. 17** Meldepflicht für die Ausfuhr von Gütern

<sup>1</sup> Wer Güter nach Anhang 3 ausführt, hat diese Ausfuhr vierteljährlich dem SECO zu melden. Die Meldungen müssen spätestens 30 Tage nach Ablauf des Quartals erfolgen. Vorbehalten bleiben die Meldepflicht nach Artikel 4 sowie die Bewilligungspflichten nach Artikel 3 der Güterkontrollverordnung vom 25. Juni 1997<sup>9</sup>.

<sup>2</sup> Die Meldungen müssen Angaben über die Art, die Menge, den geplanten Ort der Verwendung der Güter im Empfängerstaat und das Datum der Ausfuhr enthalten.

#### **Art. 18** Buchführung für Kernmaterialien im Ausland

<sup>1</sup> Der Besitzer von Kernmaterialien, die sich im Ausland befinden, hat über seine Bestände Buch zu führen. Er hat dabei Angaben zu machen über:

- a. die Menge der Kernmaterialien;
- b. den Ort der Aufbewahrung oder die Adresse der für die Aufbewahrung verantwortlichen Person.

<sup>2</sup> Er hat die am Ende des Kalenderjahres vorhandenen Bestände jährlich bis zum 31. März des Folgejahres dem BFE zu melden.

<sup>3</sup> Das BFE wird beauftragt, die detaillierten Anforderungen an die Buchführung in Richtlinien zu regeln.

#### **Art. 19** Überprüfung der Einfuhr von Gütern

<sup>1</sup> Die Importeure und Endverwender von eingeführten Gütern nach Anhang 3 haben auf Anfrage den Nachweis über deren ordnungsgemäße Einfuhr und den Endverbleib dieser Güter zu erbringen.

<sup>2</sup> Das SECO kann Nachforschungen über den Endverbleib dieser Güter anstellen.

#### **Art. 20** Diplomatische oder konsularische Vertretungen, internationale Organisationen, Zolllager und Zollausschlussgebiete

Den Ein- und Ausfuhr gleichgestellt sind Lieferungen:

- a. von diplomatischen oder konsularischen Vertretungen und an diese;
- b. von internationalen Organisationen und an diese;
- c. in offene Zolllager, Lager für Massengüter, Zollfreilager oder Zollausschlussgebiete oder aus diesen.

<sup>9</sup> SR 946.202.1

**Art. 21** Inspektionen

<sup>1</sup> Die Meldungen nach den Artikeln 16–18 können durch Inspektionen überprüft werden.

<sup>2</sup> Die Grundstücke und Räumlichkeiten der Importeure und Endverwender von Gütern nach Anhang 3 können durch Inspektionen überprüft werden.

**6. Abschnitt: Besondere Safeguardsmassnahmen****Art. 22** Meldepflicht bei Besitz, Ein- und Ausfuhr

<sup>1</sup> Wer folgende Materialien besitzt, hat dem BFE Meldungen einzureichen über:

- a. Menge, chemische Zusammensetzung, Standort und Verwendung oder beabsichtigte Verwendung von Kernmaterialien, welche die Kriterien von Artikel 5 Absatz 1 nicht erfüllen;
- b. Menge, Standort und Verwendung der von Safeguardsmassnahmen befreiten Kernmaterialien, welche die nichtnukleare Endform noch nicht erreicht haben und noch rückgewinnbar sind;
- c. geschätzte Menge und Standort von mittel- oder hochaktivem Abfall aus der Wiederaufbereitung, welcher Plutonium, hochangereichertes Uran oder U-233 enthält.

<sup>2</sup> Wer Materialien nach Absatz 1 ein- oder ausführt, hat dem BFE die Menge, die chemische Zusammensetzung und die Verwendung zu melden.

<sup>3</sup> Angaben über Menge, chemische Zusammensetzung, Standort und Verwendung von Materialien nach Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe b und c KEV<sup>10</sup> sind dem Bundesamt für Gesundheit (BAG) zu melden. Das BAG leitet diese Informationen aus den Bewilligungen gemäss Strahlenschutzgesetzgebung jährlich an das BFE weiter.

<sup>4</sup> Die Meldungen können durch Inspektionen überprüft werden.

<sup>5</sup> Das BFE wird beauftragt, Inhalt, Form und Periodizität der Meldungen in Richtlinien zu regeln.

**Art. 23** Überprüfung von Tätigkeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf

<sup>1</sup> Wer ausserhalb von Anlagen Forschungs- und Entwicklungstätigkeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf durchführt, die den Anschein erwecken, funktionsmässig mit einer Anlage in Verbindung zu stehen, hat dem BFE auf Verlangen:

- a. eine allgemeine Beschreibung dieser Tätigkeiten vorzulegen;
- b. die Identität der Personen, welche diese Tätigkeiten ausführen, offenzulegen.

<sup>2</sup> Diese Angaben können durch Inspektionen überprüft werden.

<sup>10</sup> SR 732.11

## 7. Abschnitt: Kontrollmassnahmen und Mitwirkungspflichten

### Art. 24 Inspektionen

<sup>1</sup> Inspektionen werden von der Aufsichtsbehörde durchgeführt, gegebenenfalls zusammen mit IAEO-Inspektoren.

<sup>2</sup> Inspektionen nach Artikel 11, bei denen IAEO-Inspektoren teilnehmen, können nach Absprache zwischen dem BFE und dem Safeguardsverantwortlichen ohne Anwesenheit des BFE stattfinden.

<sup>3</sup> Die Aufsichtsbehörde kann andere Bundesstellen, fachkundige Organisationen und Experten beiziehen. Das Personal der fachkundigen Organisationen und die Experten sind zur Wahrung des Amtsgeheimnisses im Sinne von Artikel 320 des Strafgesetzbuches<sup>11</sup> verpflichtet.

### Art. 25 Duldung von Inspektionen und Mitwirkung

Die Verfügungsberechtigten über Grundstücke oder Räume, die der Inspektionspflicht unterstellt sind, haben Inspektionen zu dulden und dabei mitzuwirken. Sie haben insbesondere:

- a. dem BFE den Zutritt zu den Anlagen nach Artikel 2 Absatz 1 Buchstabe c auch ohne Voranmeldung zu gewähren;
- b. Auskunft zu geben über die Inspektionsstätte, die dort durchgeführten Tätigkeiten, die für die Inspektion notwendigen Sicherheitsmassnahmen und die dazugehörige Verwaltung und Logistik;
- c. Fernmeldeeinrichtungen, Arbeitsräume mit elektrischen Anschlüssen und Transportmittel innerhalb der Inspektionsstätte zur Verfügung zu stellen, soweit dies für die ordnungsgemässe Durchführung der Inspektion erforderlich ist.

### Art. 26 Inspektionsbefugnisse

Bei Inspektionen können insbesondere:

- a. Grundstücke und Räume während der üblichen Betriebs- und Geschäftszeiten betreten und kontrolliert werden;
- b. Kernmaterialien gezählt werden;
- c. Siegel angebracht und entfernt werden;
- d. Überwachungsinstrumente installiert, gewartet und entfernt werden;
- e. visuelle Beobachtungen vorgenommen werden;
- f. Fotos gemacht werden, wobei auf das Geschäftsgeheimnis des Betroffenen Rücksicht zu nehmen ist;
- g. Proben von Kernmaterialien sowie Umweltproben entnommen werden;

<sup>11</sup> SR 311.0



- h. Strahlungsmessgeräte eingesetzt werden;
- i. Betriebsprotokolle und Unterlagen eingesehen werden.

**Art. 27** Inspektionsgrundsätze

Die Aufsichtsbehörde trifft die erforderlichen Anordnungen zur Durchführung einer Inspektion. Sie hat dabei insbesondere:

- a. die notwendigen Voraussetzungen für eine geringstmögliche Störung des inspizierten Bereiches zu schaffen;
- b. den Schutz vertraulicher Daten und Einrichtungen sicherzustellen;
- c. eine zweifelsfreie Klassifizierung der zugänglich gewordenen Informationen durchzusetzen;
- d. nach Absprache mit der oder dem Safeguardsverantwortlichen oder Verantwortlichen nach Artikel 14 Absatz 1 über die Verfügbarkeit schutzwürdiger Informationen für die IAEO-Inspektoren zu entscheiden;
- e. auf Verlangen der oder des Safeguardsverantwortlichen oder Verantwortlichen nach Artikel 14 Absatz 1 dafür zu sorgen, dass schutzwürdige Informationen den inspizierten Bereich nicht verlassen.

**Art. 28** Zugangsbeschränkungen

<sup>1</sup> Die Aufsichtsbehörde kann die Tätigkeit der IAEO-Inspektorinnen oder -Inspektoren Beschränkungen unterwerfen, um:

- a. Vorschriften der Arbeitssicherheit, des Strahlenschutzes oder des physischen Schutzes zu erfüllen;
- b. schutzwürdige Informationen zu schützen.

<sup>2</sup> Sie kann den Zutritt der IAEO-Inspektorinnen oder -Inspektoren zu den Anlagen verweigern, wenn:

- a. nötige von der IAEO zu liefernde Dokumente, insbesondere Personendaten der Inspektorinnen oder Inspektoren, nicht rechtzeitig eingetroffen oder erforderliche Abklärungen nicht erfolgt sind;
- b. Vorschriften der Arbeitssicherheit oder des Strahlenschutzes verletzt werden.

**Art. 29** Ankündigung einer Inspektion

<sup>1</sup> Das BFE unterrichtet die Betroffenen sowie gegebenenfalls das SECO unverzüglich über die von der IAEO angekündigte Inspektion. Es gibt Zeitpunkt, Ort und Teilnehmer der Inspektion bekannt.

<sup>2</sup> Bei unangemeldeten Inspektionen mit Beteiligung von IAEO-Inspektorinnen oder -Inspektoren ist innerhalb von zwei Stunden nach der Ankündigung Zutritt zur Anlage zu gewähren.

**Art. 30** Rückerstattung von Kosten, Unterstützung im Schadenfall

<sup>1</sup> Laufende, insbesondere für die Datenübermittlung anfallende Kosten oder ausserordentliche Kosten, die aufgrund eines Ersuchens der IAEO entstanden sind, werden von der IAEO zurückerstattet, sofern die Betroffenen dies beantragt haben und die IAEO sich im Voraus dazu bereit erklärt hat. Entsprechende Anträge können beim BFE eingereicht werden.

<sup>2</sup> Wird jemand während Inspektionen geschädigt, unterstützt der Bund diese Person im Rahmen seiner gesetzlichen Befugnisse bei der Durchsetzung ihrer Rechtsansprüche.

**8. Abschnitt: Strafbestimmungen****Art. 31** Strafbarkeit nach dem Kernenergiegesetz

Nach Artikel 93 KEG wird bestraft, wer:

- a. gegen die Pflicht zur Festlegung einer Zone nach den Artikeln 8 und 12 verstösst;
- b. gegen die Buchführungs-, Berichterstattungs- und Meldepflichten in den Artikeln 9, 10, 13, 16, 18 und 22 verstösst;
- c. Inspektionen nach den Artikeln 11, 14, 21 Absatz 1 und Artikel 22 Absatz 3 verhindert oder gegen Duldungs- und Mitwirkungspflichten nach Artikel 25 verstösst.

**Art. 32** Strafbarkeit nach dem Güterkontrollgesetz

Nach Artikel 15 des Güterkontrollgesetzes vom 13. Dezember 1996 wird bestraft, wer:

- a. gegen die Meldepflicht nach den Artikeln 15 und 19 Absatz 1 verstösst;
- b. Inspektionen nach Artikel 21 verhindert oder gegen Duldungs- und Mitwirkungspflichten nach Artikel 25 verstösst.

**Art. 33** Strafbarkeit nach dem Strahlenschutzgesetz

Nach Artikel 44 Absatz 1 des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991 wird bestraft, wer:

- a. gegen die Pflicht zur Lieferung von Angaben nach Artikel 23 Absatz 1 verstösst;
- b. Inspektionen nach Artikel 23 Absatz 2 verhindert oder gegen Duldungs- und Mitwirkungspflichten nach Artikel 25 verstösst.

## 9. Abschnitt: Schlussbestimmungen

### Art. 34 Anpassung der Anhänge

Wenn internationale Verpflichtungen der Schweiz auf dem Gebiet der Safeguardsmassnahmen es erfordern, werden angepasst:

- a. der Anhang 1 durch das Eidgenössische Volkswirtschaftsdepartement (EVD) und das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) im gegenseitigen Einvernehmen;
- b. die Anhänge 2 und 3 durch das EVD;
- c. die Anhänge 4 und 5 durch das UVEK.

### Art. 35 Aufhebung und Änderung bisherigen Rechts

Die Aufhebung und die Änderung bisherigen Rechts wird im Anhang 6 geregelt.

### Art. 36 Inkrafttreten

Diese Verordnung tritt am 1. Mai 2012 in Kraft.

*Anhang 1*  
(Art. 3)**Begriffe**

Im Sinne dieser Verordnung sind:

- a. hochangereichertes Uran: angereichertes Uran, in dem der Anteil an Uran-233, Uran-235 oder beiden Isotopen zusammen 20 % oder höher ist;
- b. Anlage: Standort, dessen Begrenzung in den Auslegungsinformationen definiert ist. Die Anlage umfasst alle Einrichtungen, die für ihren Betrieb erforderlich sind, sowie alle Gebäude, in welchen die im Anhang 2 genannten Aktivitäten durchgeführt werden. Als Anlagen gelten ebenfalls Firmen, Forschungsanstalten, Lagerstätten und weitere Örtlichkeiten, sofern dort Aktivitäten durchgeführt werden oder Kernmaterialien vorhanden sind, welche dieser Verordnung unterstehen.
- c. ausser Betrieb genommene Anlage: Anlage, die nicht mehr in Betrieb ist und in der keine Kernmaterialien mehr vorhanden sind, in der jedoch die Strukturen und Ausrüstungen zum Umgang mit Kernmaterialien noch vorhanden sind;
- d. stillgelegte Anlage: Anlage, deren Strukturen und Ausrüstungen soweit entfernt oder unbrauchbar gemacht wurden, dass diese nicht länger zur Lagerung, Handhabung, Bearbeitung oder zum Gebrauch von Kernmaterialien benutzt werden können;
- e. *Batch*: Teilmenge von Kernmaterialien, die als Buchungseinheit behandelt wird und für welche die Zusammensetzung und die Menge durch Spezifikationen oder Messungen definiert sind; dabei können die Kernmaterialien als loses Material vorliegen oder in einer Anzahl von Einzelteilen enthalten sein;
- f. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf: Arbeiten, die spezifische Aspekte einer Prozess- oder Systementwicklung umfassen, insbesondere:
  1. die Konversion und die Anreicherung von Kernmaterialien,
  2. die Herstellung und die Wiederaufarbeitung von Brennelementen,
  3. die Entwicklung von Kernreaktoren und kritischen Anlagen,
  4. die Bearbeitung von mittel- und hochaktivem Abfall, der Plutonium, hochangereichertes Uran oder Uran-233 enthält;

Keine Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf sind: Arbeiten zur theoretischen und wissenschaftlichen Grundlagenforschung und Entwicklung von industriellen Anwendungen, wie:

1. der Einsatz von Radioisotopen, medizinischen, hydrologischen und landwirtschaftlichen Anwendungen;

2. das Wiederverpacken, das Konditionieren oder das Aufteilen von Brennelementen;
- g. Umweltproben: Luft-, Wasser-, Boden- und Pflanzenproben sowie weitere Proben, einschliesslich Wischproben;
- h. Beendigung von Safeguardsmassnahmen: Endgültige Aufhebung der Safeguardsmassnahmen. Dies kann sowohl für Kernmaterial als auch für Anlagen gelten;
- i. *Significant Quantity (SQ)*: Menge von Kernmaterialien, die bestimmend für den Umfang von Safeguardsmassnahmen ist:

Materialart	Material	1 SQ [kg]
direkt einsetzbar <sup>1</sup>	Plutonium <sup>b</sup>	8
	Uran-233	8
	Uran hochangereichert ( $\geq 20$ % an Anteil Uran-235)	25
	Uran angereichert (< 20 % an Anteil Uran-235)	75
nicht direkt einsetzbar	Natururan	10 000
	Uran abgereichert	20 000
	Thorium	20 000

<sup>a</sup> Material, das ohne weitere Kernumwandlung oder Anreicherung für den Bau eines nuklearen Sprengkörpers geeignet ist.

<sup>b</sup> Falls die Konzentration von Pu-238 kleiner als 80 % ist.

*Anhang 2*  
(Art. 2 Abs. 1 Bst. e und f)

## **Herstellung, Montage und Bau bestimmter kerntechnischer Ausrüstungen sowie Herstellung und Anreicherung von Schwerwasser und Deuterium**

1. Herstellung von *Zentrifugenrotorrohren* oder Montage von *Gaszentrifugen*  
*Zentrifugenrotorrohre* sind dünnwandige Zylinder im Sinne des Absatzes 5.1.1 Buchstabe b in Anhang 3. *Gaszentrifugen* sind Zentrifugen im Sinne der Vorbemerkung zu Absatz 5.1 in Anhang 3.
2. Herstellung von *Diffusionstrennwänden*  
*Diffusionstrennwände* sind dünne, poröse Filter im Sinne des Absatzes 5.3.1 Buchstabe a in Anhang 3.
3. Herstellung oder Montage von *Lasersystemen*  
*Lasersysteme* sind Systeme, die die in Absatz 5.7 in Anhang 3 beschriebenen Bauteile enthalten.
4. Herstellung oder Montage *elektromagnetischer Isotopentrenner*  
*Elektromagnetische Isotopentrenner* sind die in Absatz 5.9.1 in Anhang 3 aufgeführten Anlagen mit Ionenquellen im Sinne des Absatzes 5.9.1 Buchstabe a in Anhang 3.
5. Herstellung oder Montage von *Kolonnen* oder *Extraktionsausrüstung*  
*Kolonnen* oder *Extraktionsausrüstung* sind die in den Absätzen 5.6.1, 5.6.2, 5.6.3, 5.6.5, 5.6.6, 5.6.7 und 5.6.8 in Anhang 3 beschriebenen Geräte.
6. Herstellung von *aerodynamischen Trenndüsen* oder *Wirbelröhren*  
*Aerodynamische Trenndüsen* oder *Wirbelröhren* sind Trenndüsen oder Wirbelröhren im Sinne der Absätze 5.5.1 und 5.5.2 in Anhang 3.
7. Herstellung oder Montage von *Uranplasmaerzeugungssysteme*  
*Uranplasmaerzeugungssysteme* sind Systeme zur Erzeugung von Uranplasma im Sinne des Absatzes 5.8.3 in Anhang 3.
8. Herstellung von *Zirkoniumrohren*  
*Zirkoniumrohre* sind Rohre im Sinne des Absatzes 1.6 in Anhang 3.
9. Herstellung oder Anreicherung von *Schwerwasser* oder *Deuterium*  
*Schwerwasser* oder *Deuterium* ist Deuterium bzw. Schwerwasser (Deuteriumoxid) und jede Deuteriumverbindung, in der das Deuterium-Wasserstoffatom-Verhältnis grösser ist als 1:5000.

10. Herstellung von *nuklearreinem Graphit*  
*Nuklearreines Graphit* ist Graphit mit einem Reinheitsgrad, der einem Boräquivalent von weniger als 5 ppm entspricht, und mit einer Dichte von über 1,50 g/cm<sup>3</sup>.
11. Herstellung von *Brennelementbehältern*  
Ein *Brennelementbehälter* ist ein Behälter für den Transport und/oder die Lagerung von abgebrannten Brennelementen, der chemischen, thermischen und radiologischen Schutz bietet und Zerfallswärme beim Be- und Entladen sowie bei der Beförderung und Lagerung zerstreut.
12. Herstellung von *Regelstäben*  
*Regelstäbe* sind Stäbe im Sinne des Absatzes 1.4 in Anhang 3.
13. Herstellung von *kritikalitätssicheren Behältern*  
*Kritikalitätssichere Behälter* sind Behälter im Sinne der Absätze 3.2 und 3.4 in Anhang 3.
14. Herstellung von *Brennelement-Zerschneidern*  
*Brennelement-Zerschneider* sind Geräte im Sinne des Absatzes 3.1 in Anhang 3.
15. Bau von *heissen Zellen*  
*Heisse Zellen* sind einzelne Zellen oder verbundene Zellen mit einem Volumen von insgesamt mindestens 6 m<sup>3</sup> und mit einer Abschirmung, die mindestens einer 0,5 m dicken Betonschicht mit einer Dichte von mindestens 3,2 g/cm<sup>3</sup> entspricht, ausgestattet mit Geräten für ferngesteuerte Operationen.

## **Güter**

### **1            Reaktoren und Reaktorausrüstung**

#### **1.1          Komplette Kernreaktoren**

Für den Betrieb einer kontrollierten, sich selbst erhaltenden Kernspaltungs-Kettenreaktion geeignete Kernreaktoren, ausschliesslich Nulleistungsreaktoren; letztere werden als Reaktoren mit einer projektierten maximalen Plutoniumerzeugung von nicht mehr als 100 g pro Jahr definiert.

##### *Erläuterung*

Zu einem Kernreaktor gehören im Reaktorbehälter befindliche oder direkt mit ihm verbundene Bauteile, die Geräte zur Kontrolle der Kernleistung und die Teile, die normalerweise Hauptkühlwasser enthalten, damit direkt in Berührung kommen oder das Kühlwasser im Reaktorkern kontrollieren.

Reaktoren, die auf eine Leistung von erheblich mehr als 100 g Plutonium pro Jahr umgerüstet werden könnten, werden nicht ausgeschlossen. Reaktoren, die für eine selbständige Kettenreaktion auf einem hohen Leistungsniveau ausgelegt sind, gelten ungeachtet ihrer Eignung zur Plutoniumerzeugung nicht als Nulleistungsreaktoren.

#### **1.2          Reaktordruckbehälter**

Fertige Metallbehälter oder werkstattgefertigte Hauptbestandteile dafür, die speziell für den Kern eines Kernreaktors im Sinne des Absatzes 1.1 ausgelegt oder angefertigt sind und dem Betriebsdruck des Primärkühlmittels standhalten können.

##### *Erläuterung*

Die Deckplatte für Reaktordruckbehälter fällt als werkstattgefertigter Hauptbestandteil unter Absatz 1.2.

Reaktoreinbauten (z.B. Stützen und Platten für den Kern und sonstige Behältereinbauten, Führungsrohre für Regelstäbe, thermische Abschirmungen, Leitbleche, Kerngitter- und Diffusorplatten usw.) werden in der Regel von der Reaktorlieferfirma geliefert. In manchen Fällen werden bestimmte Trägerteile bei der Herstellung der Druckbehälter gleich eingebaut. Diese Teile sind für den sicheren und zuverlässigen Betrieb des Reaktors (und damit für die Garantien und die Haftung der Lieferfirma) von ausschlaggebender Bedeutung, so dass sie normalerweise ohne grundlegende Liefervereinbarungen für den Reaktor selbst nicht geliefert würden. Obwohl ein gewisses Risiko einer getrennten Lieferung dieser speziell ausgelegten oder angefertigten, wichtigen, grossen und teuren Einzelteile besteht, gilt diese doch als unwahrscheinlich.



### **1.3 Be- und Entladevorrichtungen für Brennelemente**

Bedienungseinrichtungen, die speziell zum Einführen oder zum Herausnehmen von Brennelementen aus einem Kernreaktor im Sinne des Absatzes 1.1 ausgelegt oder angefertigt und zum Beladen im Betrieb geeignet sind oder technisch hochentwickelte Positionierungs- oder Ausrichtungsgерäte verwenden, um einen schwierigen Beladungsvorgang bei abgeschaltetem Reaktor zu ermöglichen, z.B. wenn der Vorgang ohne direkte Sicht oder ohne direkten Zugang zu den Brennelementen normalerweise nicht möglich ist.

### **1.4 Regelstäbe**

Stäbe, die speziell zur Regelung der Reaktionsrate in einem Kernreaktor im Sinne des Absatzes ausgelegt oder angefertigt sind.

#### *Erläuterung*

Zu diesem Punkt gehören neben dem neutronenabsorbierenden Teil auch die entsprechenden Träger- oder Aufhängevorrichtungen, wenn sie getrennt geliefert werden.

### **1.5 Druckrohre**

Rohre, die speziell zur Unterbringung der Brennelemente und des Primärkühlmittels in einem Kernreaktor im Sinne des Absatzes 1.1 bei einem Betriebsdruck von mehr als 5,1 MPa (740 psi) ausgelegt oder angefertigt sind.

### **1.6 Zirkoniumrohre**

Zirkoniummetall oder -legierungen in Form von Rohren oder Rohrsystemen und in Mengen von mehr als 500 kg in einem Zeitraum von jeweils zwölf Monaten, die speziell zur Verwendung in einem Kernreaktor im Sinne des Absatzes 1.1 ausgelegt oder angefertigt sind und bei denen das Hafnium-Zirkonium-Verhältnis weniger als 1:500 Gewichtsanteile beträgt.

### **1.7 Primärkühlmittelpumpen**

Pumpen, die speziell für den Kreislauf des Primärkühlmittels von Kernreaktoren im Sinne des Absatzes 1.1 ausgelegt oder angefertigt sind.

#### *Erläuterung*

Speziell ausgelegte und angefertigte Pumpen können komplexe Dichtungs- und Mehrfachdichtungssysteme zur Verhütung von Primärkühlwasserleckagen, gekapselte Motorpumpen und Pumpen mit Inertialmassesystemen umfassen. Diese Defini-

tion umfasst auch Pumpen, deren Übereinstimmung mit NC-1 oder entsprechenden Normen zertifiziert sind.

## **2 Nichtnukleare Materialien für Reaktoren**

### **2.1 Deuterium und Schwerwasser**

Deuterium, Schwerwasser (Deuteriumoxid) und jede Deuteriumverbindung, in der das Deuterium-Wasserstoffatom-Verhältnis grösser ist als 1:5000, zur Verwendung in einem Kernreaktor im Sinne des Absatzes 1.1. in Mengen von mehr als 200 kg Deuteriumatomen für jedes beliebige Abnehmerland in einem Zeitraum von jeweils zwölf Monaten.

### **2.2 Nuklearreiner Graphit**

Graphit mit einem Reinheitsgrad, der einem Boräquivalent von weniger als 5 ppm entspricht, und mit einer Dichte von über  $1,50 \text{ g/cm}^3$  zur Verwendung in einem Kernreaktor im Sinne des Absatzes 1.1 in Mengen von über  $3 \times 10^4 \text{ kg}$  (30 Tonnen) für jedes beliebige Abnehmerland in einem Zeitraum von jeweils zwölf Monaten.

#### *Erläuterung*

Zum Zweck der Berichterstattung wird die Regierung feststellen, ob der ausgeführte Graphit mit den genannten Spezifikationen für Kernreaktoren bestimmt ist.

## **3 Anlagen für die Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe und speziell ausgelegte oder angefertigte Ausrüstungen hierfür**

#### *Vorbemerkung*

Bei der Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe wird Plutonium und Uran von hochradioaktiven Spaltprodukten und anderen Transuranelementen abgetrennt. Dies kann mit verschiedenen Verfahren erreicht werden. Mit der Zeit hat sich allerdings das Purex-Verfahren durchgesetzt. Dabei werden die bestrahlten Brennstäbe in Salpetersäure aufgelöst und danach Uran, Plutonium und Spaltprodukte durch Lösungsmittelextraktion mit einem Tributylphosphatgemisch in einem organischen Verdünnungsmittel abgetrennt.

Sämtliche Purexeinrichtungen verwenden ähnliche Verfahren, darunter: Zerschneiden von bestrahlten Brennelementen, Auflösung von Brennelementen, Lösungsmittelextraktion und Lagerung der verwendeten Lösungen. Ferner können Geräte vorhanden sein für die thermische Denitrierung von Urannitrat, die Umwandlung von Plutoniumnitrat in Oxid oder Metall und die Umwandlung von Spaltproduktablauge in für die langfristige Lagerung oder Entsorgung geeignete Formen. Die jeweiligen Gerätetypen und -konfigurationen für diese Arbeiten können jedoch aus verschiedenen Gründen von einer Purex-Einrichtung zur anderen unterschiedlich sein,

beispielsweise je nach Art und Menge der wiederaufzuarbeitenden bestrahlten Brennstäbe und der beabsichtigten Beschaffenheit der Stoffe nach der Verwertung und den bei der Konstruktion der Anlage zugrundegelegten Sicherheits- und Wartungsgrundsätzen.

Eine Anlage für die Wiederaufarbeitung bestrahlter Kernbrennstoffe umfasst Ausrüstungen und Bauteile, die in der Regel mit dem bestrahlten Kernbrennstoff sowie mit den wesentlichen Prozessströmen des Kernmaterials und der Spaltprodukte in unmittelbarem Kontakt kommen oder diese unmittelbar steuern.

Diese Verfahren, einschliesslich der kompletten Systeme für die Umwandlung von Plutonium und die Herstellung von Plutoniummetall, können durch die Methoden ermittelt werden, die zur Vermeidung der Kritikalität (z.B. Geometrie), Strahlenexposition (z.B. Abschirmung) und Toxizität (z.B. durch Sicherheitseinschluss) angewandt werden.

Zu den Teilen, die unter den Begriff «speziell ausgelegte oder angefertigte Ausrüstung» zur Verwendung in einer Wiederaufarbeitungsanlage für bestrahlte Kernbrennstoffe fallen, gehören:

### **3.1 Brennelement-Zerschneider**

#### *Vorbemerkung*

Diese Geräte zerschneiden die Brennelementenhülle, so dass der bestrahlte Kernbrennstoff aufgelöst werden kann. Am gebräuchlichsten sind speziell ausgelegte Metallscheren, obwohl auch hochentwickelte Geräte wie Laser verwendet werden können.

Fernbediente Ausrüstungen, die speziell zur Verwendung in den beschriebenen Wiederaufarbeitungsanlagen ausgelegt oder angefertigt sind, und zum Zerschneiden, Zerhacken, Schreddern oder Abscheren von bestrahlten Brennelementeinheiten, -bündeln oder Brennstäben verwendet werden.

### **3.2 Auflöser**

#### *Vorbemerkung*

In Auflöser werden in der Regel zerschnittene Brennelemente eingefüllt. In diesen kritisch sicheren Behältern wird der bestrahlte Kernbrennstoff in Salpetersäure aufgelöst, und die Hüllenreste werden aus dem Prozessstrom entfernt.

Kritisch sichere Behälter (z.B. mit kleinem Durchmesser, Ringbehälter oder Slab Tanks), die speziell für die beschriebenen Wiederaufarbeitungsanlagen ausgelegt oder angefertigt wurden, der Auflösung bestrahlten Kernbrennstoffs dienen, beständig sind gegen heisse, hochkorrosive Flüssigkeiten und fernbedient befüllt und gewartet werden können.

### 3.3 Lösungsmittelextraktoren und Ausrüstungen für die Lösungsmittelextraktion

#### *Vorbemerkung*

In Lösungsmittelextraktoren werden aufgelöste Brennelemente aus den Auflösern sowie die organische Lösung gefüllt, mit der Uran, Plutonium und Spaltprodukte getrennt werden. Die Ausrüstung für die Lösungsmittelextraktion ist normalerweise nach strengen Betriebsparametern ausgelegt; hierzu gehören lange Betriebslebensdauer ohne Wartungsbedarf oder leichte Austauschbarkeit, einfache Bedienung und Steuerung und Flexibilität bei Schwankungen der verfahrenstechnischen Bedingungen.

Speziell ausgelegte oder angefertigte Lösungsmittelextraktoren wie Füllkörper- oder Pulsationskolonnen, Mischabsetzer oder Zentrifugenkontakoren für die Verwendung in einer Wiederaufarbeitungsanlage für bestrahlte Kernbrennstoffe. Lösungsmittelextraktoren müssen salpetersäurebeständig sein. Sie werden normalerweise nach sehr hohen Standards (besondere Schweissverfahren und Prüfungen sowie Qualitätssicherungs- und -kontrollverfahren) aus Edelstahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, Titan, Zirkonium oder sonstigen Qualitätswerkstoffen hergestellt.

### 3.4 Aufbewahrungs- oder Lagerbehälter für Chemikalien

#### *Vorbemerkung*

Im wesentlichen bleiben nach der Lösungsmittelextraktion drei Lösungen zurück. Die Aufbewahrungs- oder Lagerbehälter werden in den weiteren Verfahren für alle drei Lösungen folgendermassen verwendet:

- a. Die reine Urannitratlösung wird durch Verdunstung konzentriert und dann in einem Denitrierungsverfahren in Uranoxid umgewandelt. Dieses Oxid wird in den Kernbrennstoffkreislauf zurückgeführt.
- b. Die hochradioaktive Spaltproduktlösung wird normalerweise durch Verdunstung konzentriert und als Lösungskonzentrat aufbewahrt. Dieses Konzentrat kann dann verdunstet und in eine für die Lagerung oder Beseitigung geeignete Form gebracht werden.
- c. Die reine Plutoniumnitratlösung wird konzentriert und bis zur Weiterleitung in die nächste Prozessstufe gelagert. Vor allem Aufbewahrungs- oder Lagerbehälter für Plutoniumlösungen sind so ausgelegt, dass Kritikalitätsprobleme infolge von Änderungen der Konzentration und der Form dieser Lösungen vermieden werden.

Speziell für die Verwendung in Wiederaufarbeitungsanlagen für bestrahlten Brennstoff ausgelegte oder angefertigte Aufbewahrungs- oder Lagerbehälter müssen salpetersäure-resistent sein. Sie werden normalerweise aus Stoffen hergestellt wie Edelstahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt, Titan, Zirkonium oder sonstigen Qualitätswerkstoffen. Sie können für den Betrieb und die Wartung durch Fernsteuerung geeignet sein und folgende Kritikalitätskontrolleigenschaften haben:

1. Wände oder innere Strukturen mit einem Boräquivalent von wenigstens 2 Prozent;
2. maximaler Durchmesser von 175 mm (7 in) bei zylindrischen Behältern; oder
3. maximale Breite von 75 mm (3 in) bei Slab Tanks oder Ringbehältern.

### **3.5 Systeme für die Umwandlung von Plutoniumnitrat in Plutoniumoxid**

#### *Vorbemerkung*

In den meisten Aufarbeitungsanlagen wird in diesem letzten Verfahren die Plutoniumnitratlösung in Plutoniumdioxid umgewandelt. Die wichtigsten Funktionen sind: Lagerung und Bearbeitung der Eingangslösung, Ausfällung und Trennung der Feststoffe von Flüssigkeiten, Kalzinierung, Produkthandhabung, Lüftung, Rückstandsentsorgung und Prozesskontrolle.

Komplette Systeme, speziell ausgelegt oder angefertigt für die Umwandlung von Plutoniumnitrat in Plutoniumoxid, zur Verhinderung von Kritikalität und Strahlungseinflüssen und zur Minderung der Toxizitätsrisiken.

### **3.6 Systeme zur Herstellung von Plutoniummetall aus Plutoniumoxid**

#### *Vorbemerkung*

Dieser Prozess, der in einer Wiederaufarbeitungsanlage durchgeführt werden kann, umfasst die Fluorierung von Plutoniumdioxid in der Regel mit hochkorrosivem Fluorwasserstoff, zur Gewinnung von Plutoniumfluorid, das dann mit hochreinem Calciummetall reduziert wird. Metallisches Plutonium und eine Calciumfluoridschlacke bleiben zurück. Die wichtigsten Funktionen sind: Fluorierung (z.B. mit aus Edelmetall hergestellten oder damit beschichteten Geräten), Reduktion von Metall (z.B. mit Keramikriegeln), Schlackenverarbeitung, Produkthandhabung, Lüftung, Rückstandsentsorgung und Prozesskontrolle.

Komplette Systeme, speziell ausgelegt oder angefertigt für die Herstellung von Plutoniummetall, zur Verhinderung von Kritikalität und Strahlungseinflüssen und zur Minderung der Toxizitätsrisiken.

## **4 Anlagen für die Herstellung von Brennelementen**

Eine Anlage für die Herstellung von Brennelementen umfasst Ausrüstungen, die

- a. üblicherweise mit dem Kernmaterial im Produktionsfluss in unmittelbarem Kontakt kommen oder zu dessen Verarbeitung oder zur Steuerung des Produktionsflusses verwendet werden;
- b. das Kernmaterial innerhalb der Umhüllung dicht umschließen.

## 5 **Anlagen für die Trennung von Uranisotopen und speziell dafür ausgelegte oder angefertigte Ausrüstungen mit Ausnahme von Analysegeräten**

Ausrüstungen, die unter die Kategorie der «speziell für die Trennung von Uranisotopen ausgelegten oder angefertigten Ausrüstungen mit Ausnahme von Analysegeräten» fallen:

### 5.1 **Gaszentrifugen sowie Baugruppen und Bauteile, die speziell für die Verwendung in Gaszentrifugen ausgelegt oder angefertigt sind**

#### *Vorbemerkung*

Die Gaszentrifuge besteht in der Regel aus einem oder mehreren dünnwandigen Zylindern mit einem Durchmesser von 75 mm (3 in) und 400 mm (16 in) in einem Vakuum, die sich mit einer hohen Umfangsgeschwindigkeit von etwa 300 m/s oder mehr um die vertikale Mittelachse dreht. Um eine hohe Geschwindigkeit erreichen zu können, müssen die Baustoffe für die rotierenden Bauteile eine grosse Festigkeit im Verhältnis zur Dichte haben, und der Rotor wie auch seine einzelnen Bauteile müssen mit grösster Genauigkeit hergestellt sein, um Unwuchten zu vermeiden. Im Gegensatz zu anderen Zentrifugen haben die Gaszentrifugen für die Urananreicherung in der Rotorkammer eine oder mehrere sich drehende scheibenförmige Stauplatten und eine statische Röhrenvorrichtung zum Einfüllen und Extrahieren von UF<sub>6</sub>-Gas sowie mindestens drei getrennte Kanäle, von denen zwei mit Entnahmevorrichtungen verbunden sind, die von der Rotorachse zur Peripherie der Rotorkammer reichen. Im Vakuum befinden sich darüber hinaus verschiedene kritische Teile, die sich nicht drehen und die, obwohl sie speziell entworfen sind, nicht schwierig herzustellen sind und auch nicht aus einem einzigen Werkstoff gefertigt sind. Für eine Zentrifugenanlage ist jedoch eine Vielzahl dieser Bauteile notwendig, so dass die Mengen einen wichtigen Hinweis auf den Verwendungszweck geben.

#### 5.1.1 **Rotierende Bauteile**

##### a. vollständige Rotorsysteme:

Dünnwandige Zylinder oder verschiedene verbundene dünnwandige Zylinder, die aus einem oder mehreren in der Erläuterung zu Absatz 5.1.1. beschriebenen hochfesten Werkstoffen hergestellt sind. Wenn die Zylinder verbunden sind, geschieht dies durch biegsame Sickenbänder oder Ringe, wie nachstehend unter Buchstabe c beschrieben. Der Rotor ist mit einem oder mehreren eingebauten Stauplatten und Enddeckeln ausgestattet, wenn er vollständig montiert ist (siehe Buchstaben d und e). Die Systeme können aber auch teilmontiert geliefert werden.

- b. Rotorrohre:  
Speziell ausgelegte und angefertigte dünnwandige Rohre mit einer Wandstärke von höchstens 12 mm (0,5 in), einem Durchmesser zwischen 75 mm (3 in) und 400 mm (16 in) und hergestellt aus einem oder mehreren hochfesten Werkstoffen (siehe Erläuterung zu Abs. 5.1.1.).
- c. Ringe oder Sickenbänder:  
Bauteile, die speziell ausgelegt und angefertigt sind, um das Rotorrohr an bestimmten Stellen zu verstärken oder verschiedene Rotorrohre zu verbinden. Die Ringe sind kurze Hohlrohre mit einer Wandstärke kleiner/gleich 3 mm (0,12 in), einem Durchmesser zwischen 75 mm (3 in) und 400 mm (16 in) mit einer Umwicklung und hergestellt aus einem der hochfesten Werkstoffe im Sinne der Erläuterung zu Absatz 5.1.1.
- d. Leitbleche:  
Scheibenförmige Bauteile mit einem Durchmesser zwischen 75 mm (3 in) und 400 mm (16 in) ausgelegt und angefertigt zur Anbringung in einem Zentrifugenrotorrohr zur Abtrennung der Startkammer von der Haupttrennkammer und zuweilen zur Unterstützung der UF<sub>6</sub>-Gaszirkulation in der Haupttrennkammer des Rotorrohrs, hergestellt aus den genannten speziellen hochfesten Werkstoffen im Sinne der Erläuterung zu Absatz 5.1.1.
- e. Oberer und unterer Deckel:  
Scheibenförmige Bauteile mit einem Durchmesser zwischen 75 mm (3 in) und 400 mm (16 in), die so ausgelegt und angefertigt sind, dass sie auf die Rotorrohrenden passen, so dass das UF<sub>6</sub> nicht aus den Rohren entweichen kann, zuweilen zur Anbringung oder Befestigung eines Teils des oberen Lagers (oberer Deckel) bzw. zur Aufnahme der rotierenden Teile des Motors und des unteren Lagers (unterer Deckel), hergestellt aus einem oder mehreren hochfesten Werkstoffen im Sinne der Erläuterung zu Absatz 5.1.1.

#### *Erläuterung*

Die zur Herstellung der Zentrifugenrotorteile verwendeten Werkstoffe sind:

- a. Martensitahärtender Stahl mit einer Zugfestigkeit grösser/gleich  $2,05 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup> (300 000 psi);
- b. Aluminiumlegierungen mit einer Zugfestigkeit grösser/gleich  $0,46 \times 10^9$  N/m<sup>2</sup> (67 000 psi);
- c. faserige Materialien geeignet für Verbundkonstruktionen mit einem spezifischen Modul grösser/gleich  $12,3 \times 10^6$  m und einer spezifischen Zugfestigkeit grösser/gleich  $0,3 \times 10^6$  m (der spezifische Modul ist der Youngsche Modul in N/m<sup>2</sup> dividiert durch das spezifische Gewicht in N/m<sup>3</sup>; die spezifische Zugfestigkeit ist die Zugfestigkeit in N/m<sup>2</sup> dividiert durch das spezifische Gewicht in N/m<sup>3</sup>).

## 5.1.2 Statische Bauteile

### a. Magnetlager:

Speziell ausgelegte oder angefertigte flüssigkeitsgedämpfte Magnetlager, die aus einem Ringmagneten bestehen, der in einem Gehäuse aufgehängt ist, das ein Dämpfungsmedium enthält. Das Gehäuse ist aus UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen hergestellt (siehe Erläuterung zu Abs. 5.2.). Der Magnet bildet mit einem am oberen Rotordeckel montierten Polstück oder zweiten Magneten ein Paar (siehe Abs. 5.1.1 Bst. e). Der Magnet kann ringförmig sein, wobei der äussere Durchmesser in einem Verhältnis von kleiner/gleich 1,6:1 zum inneren Durchmesser stehen muss. Er kann eine Anfangspermeabilität von grösser/gleich 0,15 H/m (120 000 in CGS-Einheiten), eine Remanenz von grösser/gleich 98,5 % oder ein Energieprodukt von mehr als 80 kJ/m<sup>3</sup> (10<sup>7</sup> Gauss-Oersted) haben. Neben den üblichen Werkstoffeigenschaften muss die Abweichung der Magnetachsen von den geometrischen Achsen sehr gering sein (weniger als 0,1 mm bzw. 0,004 in); die Homogenität des Werkstoffes ist besonders wichtig.

### b. Gleitlager/Dämpfer:

Speziell ausgelegte oder angefertigte Gleitlager, bestehend aus einem gerundeten Zapfen und einem Gegenlager (pivot-cup), montiert auf einen Dämpfer. Der Zapfen besteht in der Regel aus einem Schaft aus gehärtetem Stahl, der an einem Ende halbrund ist und am anderen Ende eine Befestigungsvorrichtung für den unteren Deckel besitzt (siehe Abs. 5.1.1 Bst. e). An dem Schaft kann jedoch ein hydrodynamisches Lager angebracht sein. Das Gegenlager ist tablettenförmig und hat eine halbrunde Vertiefung auf einer Seite. Diese Bauteile werden oft getrennt vom Dämpfer geliefert.

### c. Molekularpumpen:

Speziell ausgelegte oder angefertigte Zylinder mit spiralförmigen gepressten oder gefrästen Nuten und Bohrungen an den Innenwänden. Typische Masse sind: 75 mm (3 in) bis 400 mm (16 in) Innendurchmesser, Wandstärke 10 mm (0,4 in) oder mehr, die Länge entspricht mindestens dem Durchmesser. Die Nuten sind üblicherweise im Querschnitt rechteckig und mindestens 2 mm (0,08 in) dick.

### d. Motorstatoren:

Speziell ausgelegte oder angefertigte ringförmige Statoren für mehrphasige Hochleistungs-Wechselstromhysteresemotoren (oder Reluktanzmotoren) für den Synchronbetrieb unter Vakuumbedingungen im Frequenzbereich von 600 Hz bis 2000 Hz und mit einem Leistungsbereich von 50 VA bis 1000 VA. Die Statoren bestehen aus mehrphasigen Windungen auf einem laminierten verlustarmen Eisenkern aus dünnen, üblicherweise 2,0 mm (0,08 in) dicken Schichten.



e. Zentrifugegehäuse:

Speziell ausgelegte oder angefertigte Bauteile, in die der Rotor der Gaszentrifuge eingebaut wird. Das Gehäuse besteht aus einem festen Zylinder mit einer Wandstärke bis zu 30 mm (1,2 in) mit präzisionsgefertigten Enden für die Lager und mit einem oder mehreren Flanschen zur Befestigung. Die gefertigten Enden sind parallel zueinander und im rechten Winkel (Abweichung höchstens 0,05 Grad) zur Längsachse des Zylinders. Das Gehäuse kann auch eine bienenwabenartige Struktur haben, in die mehrere Rotorrohre eingepasst werden können. Sie sind hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Materialien.

f. Entnahmevorrichtungen:

Speziell ausgelegte oder angefertigte Röhren mit einem Innendurchmesser bis zu 12 mm (0,5 in) zur Entnahme von UF<sub>6</sub>-Gas aus dem Zentrifugenrotor nach dem Pitot-Rohr-Prinzip (d.h. mit einer Öffnung in Richtung des Gasstroms am Umfang der Rotorröhre, beispielsweise durch Biegen des Endes einer strahlenförmigen Röhre), das an das zentrale Gasentnahmesystem angeschlossen werden kann. Die Röhren sind hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen.

## 5.2 **Zusatzsysteme, Ausrüstung und Bauteile, speziell ausgelegt oder angefertigt für Gaszentrifugen-Anreicherungsanlagen**

### *Vorbemerkung*

Die Zusatzsysteme, Ausrüstungen und Bauteile für Gaszentrifugen-Anreicherungsanlagen sind Systeme zur Einspeisung von UF<sub>6</sub> in die Zentrifugen, zur Verbindung der einzelnen Zentrifugen miteinander, so dass Kaskaden (Stufen) mit steigender Anreicherung entstehen, und zur Entnahme des UF<sub>6</sub>-Produkts und der Tails aus den Zentrifugen sowie die für den Antrieb der Zentrifugen und zur Steuerung der Anlage notwendige Ausrüstung.

Festes UF<sub>6</sub> wird normalerweise in vorgewärmten Autoklaven verdampft und durch Kaskaden-Führungsrohrsysteme im gasförmigen Zustand in die Zentrifugen verteilt. Das gasförmige UF<sub>6</sub>-Produkt und die Tails, die aus den Zentrifugen strömen, werden ebenfalls durch Kaskaden-Führungsrohrsysteme in Kühlfallen geleitet (Betriebs-temperatur rund 203 K (-70 °C), wo sie vor der Abfüllung in geeignete Transport- oder Lagerbehälter kondensiert werden. Da eine Anreicherungsanlage aus mehreren tausend hintereinandergeschalteten Zentrifugen besteht, umfasst das Kaskaden-Führungsrohrsystem viele Kilometer mit Tausenden von Schweissnähten und sich häufig wiederholender Auslegung. Die Ausrüstungen, Bauteile und Rohrsysteme werden in einem Hochvakuum nach sehr strengen Sauberkeitsanforderungen hergestellt.

### 5.2.1 Einspeisesysteme/Systeme zur Entnahme von Produkt und Tails

Zu den speziell ausgelegten oder angefertigten Prozesssystemen gehören:

- Einspeiseautoklaven (oder Zugabestationen), über die  $\text{UF}_6$  mit bis zu 100 kPa (15 psi) und einem Durchsatz von mindestens 1 kg/h zu den Zentrifugenkaskaden geleitet wird; Desublimierer (oder Kühlfallen) zur Entnahme von  $\text{UF}_6$  aus den Kaskaden mit einem Druck von 3 kPa (0,5 psi); Desublimierer können auf 203 K ( $-70\text{ °C}$ ) abgekühlt und auf 343 K ( $70\text{ °C}$ ) erhitzt werden;
- Produkt- und Tailsstationen zur Abfüllung von  $\text{UF}_6$  in Behälter.

Die Anlage, Ausrüstung und das Rohrsystem werden ganz aus  $\text{UF}_6$ -resistenten Werkstoffen hergestellt oder sind damit beschichtet (siehe Erläuterung zu Abs. 5.2) und werden in einem Hochvakuum nach sehr strengen Sauberkeitsanforderungen hergestellt.

### 5.2.2 Verteilerrohrsysteme

Speziell ausgelegt oder angefertigt zur Leitung von  $\text{UF}_6$  innerhalb der Zentrifugenkaskade. Das Rohrsystem ist in der Regel ein Dreifachverteilungssystem, bei dem jede Zentrifuge an jeden Verteiler angeschlossen ist. Die Struktur ist daher repetitiv. Das System wird ganz aus  $\text{UF}_6$ -resistenten Werkstoffen hergestellt (siehe Erläuterung zu Abs. 5.2) und wird in einem Hochvakuum nach sehr strengen Sauberkeitsanforderungen hergestellt.

### 5.2.3 $\text{UF}_6$ -Massenspektrometer/Ionenquellen

Speziell ausgelegte oder angefertigte Magnet- oder Quadrupol-Massenspektrometer zur Entnahme von Proben des Beschickungsgutes, des Produkts oder der Tails aus den  $\text{UF}_6$ -Gasströmen während des Prozesses mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Auflösungsvermögen 1 amu (atomic mass unit) für Massen grösser als 320 amu;
2. Ionenquellen, hergestellt aus oder beschichtet mit Nichrome oder Monel bzw. nickelplattiert;
3. Elektronenstoss-Ionenquellen; und
4. Kollektorsystem, geeignet für die Isotopenanalyse.

### 5.2.4 Frequenzwandler

Frequenzwandler (auch Konverter oder Wechselrichter genannt), speziell ausgelegt oder angefertigt für die Stromversorgung von Motorstatoren im Sinne des Absatz-

zes 5.1.2 Buchstabe d oder Teile, Bauteile und Baugruppen solcher Frequenzwandler mit allen folgenden Merkmalen:

1. Mehrphasenausgang zwischen 600 Hz und 2000 Hz;
2. hohe Stabilität (Frequenzstabilisierung besser als 0,1 %);
3. geringer Klirrfaktor (kleiner als 2 %); und
4. Wirkungsgrad grösser als 80 %.

#### *Erläuterung*

Die aufgeführten Elemente kommen normalerweise direkt in Berührung mit dem UF<sub>6</sub>-Prozessgas oder steuern die Zentrifugen und die Leitung des Gases von einer Zentrifuge zur anderen bzw. von einer Kaskade zur anderen direkt.

UF<sub>6</sub>-resistente Werkstoffe sind Edelstahl, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Nickel oder Legierungen mit mindestens 60 % Nickel.

### **5.3 Speziell ausgelegte oder angefertigte Baugruppen und -elemente zur Verwendung bei der Anreicherung durch Gasdiffusion**

#### *Vorbemerkung*

Bei der Isotopentrennung nach dem Gasdiffusionsverfahren sind die technischen Hauptbauteile eine spezielle poröse Gasdiffusionswand, ein Wärmeaustauscher zur Gaskühlung (das Gas wird durch Verdichtung erhitzt), Dichtungs- und Regelventile sowie Rohre. Sofern beim Gasdiffusionsverfahren Uranhexafluorid (UF<sub>6</sub>) verwendet wird, müssen die Oberflächen (die mit dem Gas in Berührung kommen) von Ausrüstung, Rohren und Instrumenten aus UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen sein. In einer Gasdiffusionsanlage sind verschiedene dieser Teile nötig, so dass die Menge einen wichtigen Hinweis auf den Verwendungszweck geben kann.

#### **5.3.1 Gasdiffusionstrennwände**

- a. Speziell ausgelegte oder angefertigte dünne, poröse Filter mit einer Porengrösse von 100–1000 Å (Ångström), einer Dicke kleiner/gleich 5 mm (0,2 in) und, bei Röhrenform, einem Durchmesser kleiner/gleich 25 mm (1 in) aus Metall-, Polymer- oder Keramikwerkstoffen, die UF<sub>6</sub>-resistent sind; und
- b. speziell zubereitete Verbindungen oder Pulver für die Herstellung solcher Filter. Solche Verbindungen und Pulver sind beispielsweise Nickel oder Legierungen mit mindestens 60 % Nickel, Aluminiumoxid oder UF<sub>6</sub>-resistente fluorkohlenstoffhaltige Polymere mit einem Reinheitsgrad von mindestens 99,9 %, einer Partikelgrösse unter 10 µm und einem hohen Grad an Einheitlichkeit der Partikelgrösse. Sie werden speziell für die Herstellung der Gasdiffusionstrennwände hergestellt.

### 5.3.2 Diffusorgehäuse

Speziell ausgelegte oder angefertigte hermetisch dichte zylindrische Behälter mit einem Durchmesser von mindestens 300 mm (12 in) und einer Länge von mindestens 900 mm (35 in) oder rechteckige Behälter mit vergleichbaren Abmessungen, die einen Einlass- und zwei Auslassverbindungen mit einem Durchmesser von jeweils mehr als 50 mm (2 in) haben, für die Gasdiffusions-Trennwand, hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen, geeignet für die horizontale oder vertikale Anbringung.

### 5.3.3 Kompressoren und Ventilatoren

Speziell ausgelegte oder angefertigte Axial-, Radial- oder Verdrängungsverdichter oder entsprechende Ventilatoren mit einem UF<sub>6</sub>-Ansaugvermögen von 1 m<sup>3</sup>/min oder mehr und einem Verdichtungsdruck von bis zu mehreren hundert kPa (100 psi) für den Langzeitbetrieb mit UF<sub>6</sub> mit oder ohne Elektroantrieb von angemessener Leistung sowie einzelne Kompressoren und Ventilatoren dieser Art. Die Kompressoren und Ventilatoren haben ein Druckverhältnis von zwischen 2:1 und 6:1 und sind hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen.

### 5.3.4 Radialdichtringe

Speziell ausgelegte oder angefertigte Vakuumdichtungen mit Einlass- und Auslassverbindungen zur Abdichtung der Welle, mit der der Kompressor- bzw. der Ventilatorrotor an den Antriebsmotor angeschlossen ist, um die Innenkammer des Kompressors bzw. des Ventilators, die mit UF<sub>6</sub> gefüllt ist, zuverlässig gegen eindringende Luft abzudichten. Solche Dichtungen sind normalerweise so konstruiert, dass weniger als 1000 cm<sup>3</sup>/min (60 in<sup>3</sup>/min) Sperrgas eindringt.

### 5.3.5 Wärmeaustauscher zur Kühlung von UF<sub>6</sub>

Speziell ausgelegte oder angefertigte Wärmeaustauscher aus UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen (mit Ausnahme von Edelstahl), aus Kupfer bzw. einer beliebigen Kombination dieser Metalle hergestellt oder damit beschichtet, für den Betrieb mit einer Druckänderungsrate auf Grund von Undichtheiten von weniger als 10 Pa (0,0015 psi) pro Stunde bei einem Druckunterschied von 100 kPa (15 psi).

## 5.4 Zusatzsysteme, Ausrüstungen und Bauteile, speziell ausgelegt oder angefertigt für die Gasdiffusionsanreicherung

### *Vorbemerkung*

Zusatzsysteme, Ausrüstungen und Bauteile für die Gasdiffusionsanreicherung sind Systeme zur Einspeisung von  $UF_6$  in die Gasdiffusionsanlage, zur Hintereinanderschaltung mehrerer Anlagen, so dass Kaskaden (oder Stufen) mit zunehmender Anreicherung entstehen, und um das Produkt und die Tails von  $UF_6$  aus den Diffusionskaskaden zu entfernen. Auf Grund der grossen Inertialeigenschaften von Diffusionskaskaden hat jede Unterbrechung des Betriebsvorgangs und speziell die Abschaltung ernste Folgen. Daher ist die konsequente Erhaltung eines konstanten Vakuums in allen technischen Systemen, der automatische Unfallschutz und die genaue automatische Steuerung des Gasstroms in einer Gasdiffusionsanlage wichtig. Aus diesen Gründen muss die Anlage mit vielen speziellen Mess-, Regel- und Kontrollsystemen ausgestattet sein.

Normalerweise wird  $UF_6$  über Zylinder in Autoklaven verdampft und in gasförmigem Zustand durch das in Kaskaden angelegte Verteiler-Rohrsystem zu den Einlasspunkten gebracht. Die  $UF_6$ -Gasströme «Produkt» und «Tails», die aus den Auslässen austreten, strömen durch das Verteiler-Rohrsystem entweder in Kühlfallen oder zu Verdichtungsstationen, wo das  $UF_6$ -Gas vor einer Weiterleitung in geeignete Transport- oder Lagerbehälter verflüssigt wird. Da eine Gasdiffusionsanreicherungsanlage aus hintereinandergeschalteten Gasdiffusionssystemen besteht, sind kilometerlange Kaskadenverteilerrohre mit Tausenden von Schweissnähten und sich häufig wiederholender Auslegung vorhanden. Die Zusatzsysteme, Bauteile und Rohrsysteme werden in einem Hochvakuum nach sehr strengen Sauberkeitsanforderungen hergestellt.

### 5.4.1 Einspeisesysteme/Produkt- und Tailsentnahmesysteme

Speziell ausgelegte oder angefertigte Prozesssysteme, geeignet zum Betrieb bei einem Druck von bis zu 300 kPa (45 psi), darunter:

- Einspeiseautoklaven (oder -systeme), mit denen  $UF_6$  zu den Gasdiffusionskaskaden geleitet wird;
- Desublimierer (oder Kühlfallen) zur Entnahme von  $UF_6$  aus den Diffusionskaskaden;
- Verflüssigungsstationen zur Umwandlung von  $UF_6$ -Gas in flüssiges  $UF_6$  durch Verdichtung und Kühlung;
- Produkt- und Tailsstationen zur Einfüllung von  $UF_6$  in Behälter.

### 5.4.2 Verteilerrohrsysteme

Rohr- und Verteilersysteme, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Leitung von UF<sub>6</sub> innerhalb der Gasdiffusionskaskade. Das Rohrsystem ist normalerweise ein Zweifachverteilersystem, bei dem jede Zelle mit jedem Verteiler verbunden ist.

### 5.4.3 Vakuumsysteme

- a. Speziell ausgelegte oder angefertigte grosse Vakuumleitungen, Vakuumverteiler oder Vakuumpumpen mit einem Durchsatz von mindestens 5 m<sup>3</sup>/min (175 ft<sup>3</sup>/min);
- b. Vakuumpumpen, speziell ausgelegt zum Gebrauch in UF<sub>6</sub>-haltiger Luft, hergestellt aus oder beschichtet mit Aluminium, Nickel oder Legierungen mit mindestens 60 % Nickel. Diese Pumpen sind entweder Rotations- oder Verdrängerpumpen; sie können Verdrängungs- und Fluorkohlenstoffdichtungen und spezielle Arbeitsmedien haben.

### 5.4.4 Spezielle Abschalt- und Regelventile

Speziell ausgelegte oder angefertigte manuelle oder automatische Abschalt- und Regelbalgventile aus UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen mit einem Durchmesser von 40–1500 mm (1,5–59 in) zur Anbringung im Hauptsystem und in den Zusatzsystemen von Gasdiffusionsanreicherungsanlagen.

### 5.4.5 UF<sub>6</sub>-Massenspektrometer/Ionenquellen

Speziell ausgelegte oder angefertigte Magnet- oder Quadrupol-Spektrometer zur Entnahme von Proben des Beschickungsgutes, des Produkts oder der Tails aus den UF<sub>6</sub>-Gasströmen während des Prozesses mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Auflösungsvermögen 1 amu für Massen grösser als 320 amu;
2. Ionenquellen, hergestellt aus oder beschichtet mit Nichrome oder Monel bzw. nickelplatziert;
3. Elektronenstoss-Ionenquellen; und
4. Kollektorsystem, geeignet für die Isotopenanalyse.

#### *Erläuterung*

Die aufgeführten Teile kommen normalerweise direkt in Berührung mit dem UF<sub>6</sub>-Prozessgas oder regeln den Gasstrom von einer Kaskade zur anderen direkt. Sämtliche Oberflächen, die mit dem Prozessgas in Berührung kommen, werden ganz aus UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen hergestellt oder sind damit beschichtet. Die UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffe für Gasdiffusionsbauteile sind Edelstahl, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Aluminiumoxid, Nickel oder Legierungen mit mindestens 60 % Nickel sowie UF<sub>6</sub>-resistente fluorkohlenstoffhaltige Polymere.

## 5.5 Systeme, Ausrüstungen und Bauteile, speziell ausgelegt oder angefertigt für Aerodynamik-Anreicherungsanlagen

### *Vorbemerkung*

Bei Aerodynamik-Anreicherungsverfahren wird eine Mischung von gasförmigem  $UF_6$  und Leichtgas (Wasserstoff und Helium) verdichtet und dann durch Trennelemente geleitet, in denen durch die Erzeugung von starken Zentrifugalkräften an gekrümmten Flächen die Isotopen getrennt werden. Zwei Verfahren dieser Art wurden entwickelt: das Trenndüsen- und das Wirbelröhrenverfahren. Die Hauptbestandteile einer Trennstufe bei beiden Verfahren sind zylindrische Behälter mit speziellen Trennelementen (Düsen bzw. Wirbelröhren), Gaskompressoren und Wärmeaustauscher zur Ableitung der Kompressionshitze. In einer Aerodynamik-Anlage sind mehrere dieser Stufen notwendig, so dass die Mengen einen wichtigen Hinweis auf den Verwendungszweck geben können. Da in aerodynamischen Prozessen  $UF_6$  verwendet wird, müssen die (mit dem Gas in Berührung kommenden) Oberflächen von Ausrüstung, Rohren und Instrumenten aus  $UF_6$ -resistenten Werkstoffen sein.

### *Erläuterung*

Die aufgeführten Teile kommen entweder direkt in Berührung mit dem  $UF_6$ -Prozessgas oder regeln den Gasstrom innerhalb der Kaskade direkt. Sämtliche Oberflächen, die mit dem Prozessgas in Berührung kommen, werden ganz aus  $UF_6$ -resistenten Werkstoffen hergestellt oder sind damit beschichtet. Die  $UF_6$ -resistenten Werkstoffe für die aerodynamische Anreicherung sind Kupfer, Edelstahl, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Nickel oder Legierungen mit mindestens 60 % Nickel sowie  $UF_6$ -resistente fluorkohlenstoffhaltige Polymere.

### 5.5.1 Trenndüsen

Speziell ausgelegte oder angefertigte Trenndüsen und dazugehörige Baugruppen. Die Trenndüsen bestehen aus schlitzförmigen, gekrümmten Kanälen mit einem Krümmungsradius von weniger als 1 mm (in der Regel 0,1–0,05 mm). Sie sind  $UF_6$ -resistent und haben ein Trennblech, welches das durch die Düse strömende Gas in zwei Ströme teilt.

### 5.5.2 Wirbelröhren

Speziell ausgelegte oder angefertigte Wirbelröhren und dazugehörige Baugruppen. Die Wirbelröhren sind zylindrisch oder konisch, hergestellt aus oder beschichtet mit  $UF_6$ -resistenten Werkstoffen mit einem Durchmesser zwischen 0,5 cm und 4 cm, einem Verhältnis Länge/Durchmesser kleiner/gleich als 20:1 und mit einem oder mehreren seitlichen Gaseinlässen. Die Rohre haben an einem oder beiden Enden Düsenfortsätze.

*Erläuterung*

Das Gas wird seitlich an einem Ende durch Drallbleche oder an zahlreichen Stellen an der Seite in die Wirbelröhre eingeführt.

**5.5.3 Kompressoren und Ventilatoren**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Axial-, Radial- oder Verdrängungsverdichter oder entsprechende Ventilatoren, hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen und mit einem Ansaugvermögen von 2 m<sup>3</sup> oder mehr UF<sub>6</sub>-Trägergasgemisch (Wasserstoff oder Helium) pro Minute.

*Erläuterung*

Die Kompressoren und Ventilatoren haben in der Regel ein Verdichtungsverhältnis von 1,2:1 bis 6:1.

**5.5.4 Radialdichtringe**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Radialdichtringe mit Einlass- und Auslassverbindungen zur Abdichtung der Welle, mit der der Kompressor- bzw. der Ventilatorrotor an den Antriebsmotor angeschlossen ist, um ein Austreten von Prozessgas oder ein Eindringen von Luft oder Sperrgas in die Innenkammer des Kompressors bzw. des Ventilators, die mit einem UF<sub>6</sub>-Träger-Gemisch gefüllt ist, zu verhindern.

**5.5.5 Wärmeaustauscher für die Gaskühlung**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Wärmeaustauscher, hergestellt oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen.

**5.5.6 Trennelementengehäuse**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Gehäuse für Trennelemente, hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen für Wirbelröhren oder Trenndüsen.

*Erläuterung*

Diese Gehäuse können zylindrisch – mit einem Durchmesser von über 300 mm und einer Länge von mindestens 900 mm – oder rechteckig mit vergleichbaren Abmessungen und für die horizontale oder vertikale Anbringung geeignet sein.



### **5.5.7 Einspeisesysteme/Systeme zur Entnahme von Produkt und Tails**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Prozesssysteme oder -ausrüstung für Anreicherungsanlagen, hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen; dazu gehören:

- a. Speiseautoklaven, Öfen oder Systeme, mit denen UF<sub>6</sub> zur Anreicherung geleitet wird;
- b. Desublimierer (oder Kühlfallen) zur Entnahme von UF<sub>6</sub> aus dem Anreicherungsprozess und zur Weiterleitung durch Erhitzen;
- c. Verfestigungs- oder Verflüssigungsstationen zur Entnahme von UF<sub>6</sub> aus dem Anreicherungsprozess durch Verdichtung und Umwandlung von UF<sub>6</sub> in seine flüssige bzw. feste Form;
- d. Produkt- und Tailsstationen zur Einfüllung von UF<sub>6</sub> in Behälter.

### **5.5.8 Verteilerrohrsysteme**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Rohrsysteme, hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen zur Leitung von UF<sub>6</sub> innerhalb der Aerodynamik-Trennkaskaden. Das Rohrsystem ist in der Regel ein Zweifachverteilungssystem, bei dem jede Stufe oder Stufengruppe an jeden Verteiler angeschlossen ist.

### **5.5.9 Vakuumsysteme und -pumpen**

- a. Speziell ausgelegte oder angefertigte Vakuumsysteme mit einem Ansaugvermögen von mindestens 5 m<sup>3</sup> pro Minute, bestehend aus Vakuundleitungen, Vakuumverteilern und Vakuumpumpen zum Betrieb in UF<sub>6</sub>-haltiger Luft;
- b. Vakuumpumpen, speziell ausgelegt oder angefertigt zum Gebrauch in UF<sub>6</sub>-haltiger Luft, hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen. Diese Pumpen können Fluorkohlenstoffdichtungen haben und spezielle Betriebsflüssigkeiten verwenden.

### **5.5.10 Spezielle Abschalt- und Regelventile**

Speziell ausgelegte oder angefertigte manuelle oder automatische Abschalt- und Regelbalgventile aus UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen mit einem Durchmesser von 40–1500 mm zur Anbringung im Hauptsystem und den Zusatzsystemen von Aerodynamik-Anreicherungsanlagen.

### 5.5.11 UF<sub>6</sub>-Massenspektrometer/Ionenquellen

Speziell ausgelegte oder angefertigte Magnet- oder Quadrupol-Spektrometer zur Entnahme von Proben des Beschickungsgutes, Produkts oder Rückstands aus den UF<sub>6</sub>-Gasströmen während des Prozesses mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Auflösungsvermögen 1 amu für Massen grösser als 320 amu;
2. Ionenquellen, hergestellt aus oder beschichtet mit Nichrome oder Monel bzw. nickelplattiert;
3. Elektronenstoss-Ionenquellen; und
4. Kollektorsystem, geeignet für die Isotopenanalyse.

### 5.5.12 UF<sub>6</sub>-Trägergas-Trennsysteme

Speziell ausgelegte oder angefertigte Prozesssysteme zur Trennung von UF<sub>6</sub> und Trägergas (Wasserstoff oder Helium).

#### *Erläuterung*

Mit diesen Systemen wird der UF<sub>6</sub>-Gehalt im Trägergas auf 1 ppm oder weniger reduziert; sie können folgende Ausrüstung enthalten:

- a. Tieftemperatur-Wärmeaustauscher und Kryotrennanlagen, ausgelegt für Temperaturen von -120 °C oder weniger;
- b. Tieftemperatur-Gefriergeräte, ausgelegt für Temperaturen von -120 °C oder weniger;
- c. Trenndüsen oder Wirbelröhren zum Trennen von UF<sub>6</sub> und Trägergas;
- d. UF<sub>6</sub>-Kühlfallen, ausgelegt für Temperaturen von -20 °C oder weniger.

### 5.6 Systeme, Ausrüstung und Bauteile, speziell ausgelegt oder angefertigt für die Anreicherung durch chemischen Austausch oder Ionenaustausch

#### *Vorbemerkung*

Der geringe Massenunterschied zwischen den Uranisotopen verschiebt das Gleichgewicht der chemischen Reaktion etwas, was zur Trennung der Isotopen genutzt werden kann. Zwei Verfahren wurden entwickelt: der chemische Flüssig-Flüssig-Austausch und der Flüssig-Fest-Ionenaustausch.

Beim chemischen Flüssig-Flüssig-Austausch werden unvermischbare flüssige (wässrige oder organische) Phasen gegenstromig geleitet, wodurch der Effekt Tausender hintereinandergeschalteter Trennstufen entsteht. Die wässrige Phase besteht aus Uranchlorid in einer Salzsäurelösung; die organische Phase besteht aus einem uranchloridhaltigen Extraktionsmittel in einem organischen Lösungsmittel. Die in der Trennkaskade verwendeten Kontaktoren können Flüssig-Flüssig-Austauschkolonnen (wie gepulste Siebdenkolonnen) oder Flüssig-Zentrifugalextraktoren

sein. Chemische Umwandlungen (Oxidation oder Reduktion) sind an beiden Enden der Trennkaskade für den Rückfluss notwendig. Bei der Auslegung wird darauf geachtet, dass die Prozessströme nicht mit bestimmten Metallionen kontaminiert werden. Daher werden aus Kunststoff hergestellte, kunststoffbeschichtete (beispielsweise mit fluorkohlenstoffhaltigen Polymeren) und/oder glasbeschichtete Kolonnen und Rohre verwendet.

Beim Flüssig-Fest-Ionenaustausch erfolgt die Anreicherung durch die Adsorption/Desorption von Uran auf ein spezielles leistungsfähiges Reaktionsharz oder einen entsprechenden Adsorber für den Ionenaustausch. In Salzsäure und anderen chemischen Agenzien gelöstes Uran wird durch zylindrische Anreicherungskolonnen mit Schüttschichten des Adsorbers geleitet. Um einen kontinuierlichen Prozess sicherzustellen, ist ein Rückflusssystem notwendig, bei dem das Uran vom Adsorber gelöst und in den Flüssigkeitsstrom zurückgeführt wird, so dass Produkt und Rückstand entnommen werden können. Das geschieht mit Hilfe von geeigneten chemischen Reduktions/Oxidationsstoffen, die in getrennten externen Kreisläufen vollständig regeneriert werden und teilweise in den Isotopentrennkolonnen selbst regeneriert werden können. Auf Grund der Verwendung von heissen konzentrierten Salzsäurelösungen bei dem Verfahren muss die Ausrüstung aus speziellen korrosionsbeständigen Werkstoffen hergestellt oder damit beschichtet sein.

### **5.6.1 Flüssig-Flüssig-Austauschkolonnen (chemischer Austausch)**

Gegenstrom-Austauschkolonnen (flüssig-flüssig) mit mechanischem Kraftantrieb (also gepulste Siebbodenkolonnen, Schubwagenkolonnen und Kolonnen mit eingebauten Turbinenmischapparaten), speziell ausgelegt oder angefertigt für die Urananreicherung mit chemischen Austauschverfahren. Damit sie korrosionsbeständig gegen konzentrierte Salzsäurelösung sind, werden die Kolonnen und ihre Einbauten aus geeigneten Kunststoffen (wie fluorkohlenstoffhaltigen Polymeren) hergestellt, damit beschichtet oder glasbeschichtet. Die Stufenverweilzeit der Kolonnen ist kurz ausgelegt (30 Sekunden oder weniger).

### **5.6.2 Flüssig-Flüssig-Zentrifugalkontaktoren (chemischer Austausch)**

Flüssig-Flüssig-Zentrifugalkontaktoren, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Anreicherung von Uran durch chemische Austauschverfahren. Solche Kontaktoren verwenden Rotation zur Dispersion der organischen und wässrigen Ströme und anschliessend die Zentrifugalkraft zur Phasentrennung. Damit sie korrosionsbeständig gegen konzentrierte Salzsäurelösung sind, werden die Extraktoren aus geeigneten Kunststoffen (wie fluorkohlenstoffhaltigen Polymeren) hergestellt, damit beschichtet oder glasbeschichtet. Die Stufenverweilzeit der Zentrifugalextraktoren ist kurz ausgelegt (30 Sekunden oder weniger).

### 5.6.3 Uranreduktionssysteme und entsprechende Ausrüstung (chemischer Austausch)

- a. Speziell ausgelegte oder angefertigte elektrochemische Zellen zur Reduktion von Uran von einem Valenzzustand zu einem anderen zur Anreicherung von Uran durch chemischen Austausch. Die Zellenwerkstoffe, die mit den Prozesslösungen in Kontakt kommen, müssen gegen konzentrierte Salzsäurelösung korrosionsbeständig sein.

#### *Erläuterung*

Die Kathodenkammer der Zelle muss so ausgelegt sein, dass eine Reoxidation des Urans zu seinen höheren Valenzzuständen ausgeschlossen ist. Um das Uran in der Kathodenkammer zu halten, kann die Zelle eine undurchlässige Trennwand aus einem speziellen Kationenaustauschmaterial haben. Die Kathode besteht aus einem geeigneten festen Leiter, beispielsweise Graphit.

- b. Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme am Produktende der Kaskade zur Entnahme von  $U^{4+}$  aus dem organischen Strom, wodurch der Säuregehalt und der Säurezusatz zu den elektrochemischen Reduktionszellen geregelt werden.

#### *Erläuterung*

Diese Systeme bestehen aus Lösungsmittlextraktionsausrüstungen zum Abtreiben von  $U^{4+}$  aus dem organischen Strom in eine wässrige Lösung, Verdunstungsausrüstung und/oder sonstige Ausrüstung zur Regelung und Kontrolle des pH der Lösung sowie Pumpen und sonstige Transferapparate zur Speisung der elektrochemischen Reduktionszellen. Bei der Auslegung wird vor allem darauf geachtet, dass die wässrige Flüssigkeit nicht mit bestimmten Metallionen kontaminiert wird. Daher sind die Teile des Systems, die mit dem Prozessstrom in Kontakt kommen, aus geeigneten Materialien hergestellt oder damit beschichtet (wie Glas, fluorkohlenstoffhaltigen Polymeren, Polyphenylsulfat, Polyethersulfon und harzimpregniertem Graphit).

### 5.6.4 Einspeise-Aufbereitungssysteme (chemischer Austausch)

Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Herstellung hochreiner Uranchloridlösung zur Einspeisung in Isotopen-Trennanlagen, die chemische Austauschverfahren verwenden.

#### *Erläuterung*

Diese Systeme bestehen aus Lösungsmitteltrenn-, Lösungsabscheidungs- und/oder Ionenaustauschapparaturen für die Reinigung sowie aus Elektrolysezellen zur Reduzierung von  $U^{6+}$  oder  $U^{4+}$  zu  $U^{3+}$ . Sie stellen Uranchloridlösungen mit nur wenigen ppm metallischen Unreinheiten wie Chrom, Eisen, Vanadium, Molybdän und anderen bivalenten oder höheren multivalenten Kationen her. Baustoffe für die Teile des Systems, die für die Verarbeitung des hochreinen  $U^{3+}$  bestimmt sind, sind beispielsweise Glas, fluorkohlenstoffhaltige Polymere, Polyphenylsulfat oder kunststoffbeschichtetes Polyethersulfon und harzimpregnierter Graphit.

### 5.6.5 Uranoxidationsysteme (chemischer Austausch)

Speziell ausgelegt oder angefertigt für die Oxidation von  $U^{3+}$  zu  $U^{4+}$  im Anreicherungsverfahren durch chemischen Austausch.  $U^{4+}$  wird dann in die Isotopen-Trennkaskade zurückgeleitet.

#### *Erläuterung*

Diese Systeme können folgende Ausrüstung enthalten:

- a. Ausrüstung, mit der Chlor und Sauerstoff mit dem wässrigen Ausfluss aus dem Isotopen-Trennapparat zusammengebracht werden und das dabei entstehende  $U^{4+}$  extrahiert und in den abgetriebenen organischen Strom geleitet wird, der vom Produktende der Kaskade kommt.
- b. Ausrüstung zur Trennung von Wasser und Salzsäure, damit das Wasser und die konzentrierte Salzsäure an entsprechenden Stellen im Prozess zurückgeleitet werden kann.

### 5.6.6 Leistungsfähige Ionenaustausch-Harze-Adsorber (Ionenaustausch)

Leistungsfähige Ionenaustausch-Harze oder -Adsorber, speziell ausgelegt oder zubereitet zur Anreicherung von Uran durch Ionenaustausch unter Verwendung von porös-makrovernetzten Harzen und/oder membranartigen Strukturen, in denen sich die aktiven chemischen Austauschgruppen nur auf der Oberfläche eines inaktiven porösen Trägermaterials befinden, und anderen zusammengesetzten Strukturen in geeigneter Form, einschliesslich Partikel oder Fasern. Das Ionenaustausch Harz/Adsorber haben einen Durchmesser von 0,2 mm oder weniger; sie müssen chemisch resistent gegen konzentrierte Salzsäurelösungen und physikalisch beständig genug sein, um in der Austauschkolonne nicht zu zerfallen. Die Harze/Adsorber sind für eine hohe Isotopenaustauschkinetik ausgelegt (Austauschhalbwertszeit weniger als 10 s) und für den Betrieb bei Temperaturen im Bereich von 100 °C bis 200 °C geeignet.

### 5.6.7 Ionenaustauschkolonnen (Ionenaustausch)

Zylindrische Ionenaustauschkolonnen mit einem Durchmesser von mehr als 1000 mm mit Schüttschichten des Ionenaustausch Harz/Adsorbers, speziell ausgelegt oder angefertigt für die Urananreicherung im Ionenaustauschverfahren. Diese Kolonnen sind hergestellt aus oder beschichtet mit Werkstoffen, die resistent sind gegen konzentrierte Salzsäurelösungen (z.B. Titan oder fluorkohlenstoffhaltige Kunststoffe) und die geeignet sind zum Betrieb bei Temperaturen im Bereich von 100 °C bis 200 °C und einem Druck von über 0,7 MPa (102 psi).

### 5.6.8 Ionenaustausch-Rückflusssysteme (Ionenaustausch)

- a. Speziell ausgelegte oder angefertigte chemische oder elektrochemische Reduktionssysteme zur Wiederaufbereitung der chemischen Reduktionsmittel, die in Ionenaustausch-Urananreicherungskaskaden benutzt werden.
- b. Speziell ausgelegte oder angefertigte chemische oder elektrochemische Oxidationssysteme zur Wiederaufbereitung der chemischen Oxidationsmittel, die in Ionenaustausch-Urananreicherungskaskaden benutzt werden.

#### *Erläuterung*

Bei der Ionenaustausch-Anreicherung kann beispielsweise trivalentes Titan ( $Ti^{3+}$ ) als Reduktionskation verwendet werden. In diesem Fall wird  $Ti^{3+}$  durch Reduktion von  $Ti^{4+}$  im Reduktionssystem wiedergewonnen.

Als Oxidationsmittel kann beispielsweise trivalentes Eisen ( $Fe^{3+}$ ) verwendet werden. In diesem Fall wird  $Fe^{3+}$  durch Oxidation von  $Fe^{2+}$  im Oxidationssystem wiedergewonnen.

### 5.7 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme, Ausrüstungen und Bauteile zur Verwendung in Anreicherungsanlagen mit Lasern

#### *Vorbemerkung*

Die Systeme für die Anreicherung unter Verwendung von Lasern gliedern sich in zwei Gruppen: Anlagen mit atomarem Urandampf als Prozessmedium und Anlagen mit Dampf einer Uranverbindung als Prozessmedium. Nach der gebräuchlichen Nomenklatur werden sie folgendermassen eingeordnet: Kategorie 1 – Isotopentrennung nach atomarem Laserverfahren (AVLIS oder SILVA); Kategorie 2 – Isotopentrennung nach dem molekularen Laserverfahren (MLIS oder MOLIS) und chemische Reaktion durch isotopenselektive Laseraktivierung (CRISLA). Die Systeme, Ausrüstung und Bauteile für Laser-Anreicherungsanlagen sind:

- a. Apparate zur Einspeisung von Uranmetaldampf (zur selektiven Photoionisierung) oder Apparate zur Einspeisung des Dampfes einer Uranverbindung (zur Photodissoziierung oder chemischen Aktivierung);
- b. Apparate zum Auffangen von an- und abgereichertem Uranmetall als Produkt und Rückstand in Kategorie 1 und Apparate zum Auffangen von dissoziierten Verbindungen oder Verbindungen, die in Reaktion gebracht wurden, als Produkt und von einem unveränderten Stoff als Rückstand in Kategorie 2;
- c. Prozesslasersysteme zur selektiven Anregung von Uranen des Typs Uran-235; und
- d. Ausrüstung für die Einspeise-Aufbereitung und die Produktumwandlung. Auf Grund der Komplexität der Spektroskopie von Uranatomen und -verbindungen könnten alle möglichen vorhandenen Lasertechniken zur Anwendung kommen.

*Erläuterung*

Viele der in Absatz 5.7 aufgeführten Teile kommen mit Uranmetaldampf oder -flüssigkeit oder mit Prozessgas aus UF<sub>6</sub> oder einem Gemisch aus UF<sub>6</sub> und anderen Gasen in unmittelbarem Kontakt. Sämtliche Oberflächen, die direkt mit UF<sub>6</sub> in Berührung kommen, sind aus korrosionsbeständigen Werkstoffen hergestellt oder damit beschichtet. Die gegen den Dampf oder die Flüssigkeit von Uranmetall oder einer Uranlegierung korrosionsbeständigen Werkstoffe für Teile von Laser-Anreicherungsanlagen sind: yttriumoxid-beschichteter Graphit und Tantal; zu den UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen gehören Kupfer, Edelstahl, Aluminium, Aluminiumlegierungen, Nickel oder Legierungen mit mindestens 60 % Nickel.

**5.7.1 Uranverdampfungssysteme (AVLIS)**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Uranverdampfungssysteme, die flächenbestrahlende oder rasternde Hochleistungs-Elektronenstrahlkanonen mit einer Auftreffleistung von mehr als 2,5 kW/cm enthalten.

**5.7.2 Handhabungssysteme für flüssiges Uranmetall (AVLIS)**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Handhabungssysteme für geschmolzenes Uranmetall oder Uranmetallegerungen, bestehend aus Tiegeln und Kühlvorrichtungen.

*Erläuterung*

Die Tiegel und andere Teile dieses Systems, die in unmittelbarem Kontakt mit geschmolzenem Uran oder Uranlegierungen kommen, sind hergestellt aus Materialien mit geeigneter Hitze- und Korrosionsbeständigkeit oder damit beschichtet. Geeignete Werkstoff sind Tantal, yttriumoxidbeschichteter Graphit, Graphit beschichtet mit anderen Seltenerdoxid oder Mischungen daraus.

**5.7.3 Sammelbehälter für Produkt und Tails von Uranmetall (AVLIS)**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Behälter zur Sammlung von Uranmetall in flüssiger und fester Form.

*Erläuterung*

Bauteile dieser Behälter sind aus gegen Uranmetaldampf oder -flüssigkeit wärme- und korrosionsbeständigen Werkstoffen hergestellt oder damit beschichtet (wie yttriumoxid-beschichtetem Graphit oder Tantal). Dazu gehören auch Rohre, Ventile, Anschlusssteile, Abflussrinnen, Durchführungsteile, Wärmeaustauscher und Kollektorplatten für magnetische, elektrostatische und andere Trennmethoden.

### **5.7.4 Separatorengehäuse (AVLIS)**

Speziell ausgelegte oder angefertigte zylindrische oder rechteckige Behälter für die Uranmetaldampfquelle, die Elektronenstrahlkanone und die Sammelbehälter für Produkt und Rückstand.

#### *Erläuterung*

Diese Gehäuse haben zahlreiche Öffnungen für elektrische Leitungen oder Wasserleitungen, für Laserstrahlen, Vakuumpumpenverbindungen und für die Instrumentendiagnostik und Überwachung. Sie lassen sich auch zum Zweck eines Austausches von Innenteilen öffnen und schliessen.

### **5.7.5 Überschallexpansionsdüsen (MLIS)**

Überschallexpansionsdüsen, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Kühlung von Gemischen aus  $UF_6$  und Trägergas auf 150 K oder tiefere Temperaturen, aus  $UF_6$ -resistenten Werkstoffen.

### **5.7.6 Uranpentafluorid-Produktsammler (MLIS)**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Uranpentafluorid( $UF_5$ )-Festproduktsammler bestehend aus Filter, Prallabscheider, Zyklonenabscheider oder Kombinationen daraus, aus  $UF_5/UF_6$ -resistenten Werkstoffen.

### **5.7.7 $UF_6$ -Trägergaskompressoren (MLIS)**

Kompressoren für  $UF_6$ -Trägergas-Gemische, speziell ausgelegt oder angefertigt für den kontinuierlichen Betrieb mit  $UF_6$ . Die Bestandteile dieser Kompressoren, die mit dem Prozessgas in Berührung kommen, sind aus  $UF_6$ -resistenten Werkstoffen hergestellt oder damit beschichtet.

### **5.7.8 Radialdichtringe (MLIS)**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Radialdichtringe mit Einlass- und Auslassverbindungen zur Abdichtung der Welle, mit der der Kompressorrotor an den Antriebsmotor angeschlossen ist, um die Innenkammer des Kompressors, die mit einem  $UF_6$ -Trägergasgemisch gefüllt ist, zuverlässig gegen das Ausströmen von Prozessgas oder das Eindringen von Luft oder Sperrgas abzudichten.



### 5.7.9 Fluorierungssysteme (MLIS)

Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme für die Fluorierung von UF<sub>5</sub> (fest) zu UF<sub>6</sub> (Gas).

#### *Erläuterung*

Mit diesen Systemen wird das gesammelte UF<sub>5</sub>-Pulver zu UF<sub>6</sub> fluoriert und dann in einen Produktbehälter geleitet oder in MLIS-Systeme zur zusätzlichen Anreicherung eingespeist. Die Fluorierungsreaktion erfolgt entweder im Isotopentrennsystem, wobei die Reaktion und die Produktentnahme direkt an den Sammlern stattfinden, oder das UF<sub>5</sub>-Pulver kann zur Fluorierung von den Produktsammlern in einen geeigneten Reaktionsbehälter geleitet werden (z.B. Wirbelbettreaktor, Schneckenförderereinrichtung oder Flame Tower). In beiden Fällen werden Ausrüstungen für die Lagerung und den Transfer von Fluor (oder anderen geeigneten Fluorierungsmitteln) sowie zum Sammeln und zum Transfer von UF<sub>6</sub> verwendet.

### 5.7.10 UF<sub>6</sub>-Massenspektrometer/Ionenquellen (MLIS)

Speziell ausgelegtes oder angefertigtes Magnet- oder Quadrupol-Massenspektrometer zur Entnahme von Proben des Beschickungsgutes, des Produkts oder der Tails aus den UF<sub>6</sub>-Gasströmen während des Prozesses mit allen folgenden Eigenschaften:

1. Auflösungsvermögen 1 amu für Massen grösser als 320 amu;
2. Ionenquellen, hergestellt aus oder beschichtet mit Nichrome oder Monel bzw. nickelplattiert;
3. Elektronenstoss-Ionenquellen;
4. Kollektorsystem, geeignet für die Isotopenanalyse.

### 5.7.11 Einspeisesysteme/Systeme zur Entnahme von Produkt und Tails (MLIS)

Speziell ausgelegte oder angefertigte Prozesssysteme oder Ausrüstungen von Anreicherungsanlagen, hergestellt aus oder beschichtet mit UF<sub>6</sub>-resistenten Werkstoffen. Dazu gehören:

- a. Speiseautoklaven, Öfen oder Systeme, mit denen UF<sub>6</sub> zur Anreicherung geleitet wird;
- b. Desublimierer (oder Kühlfallen) zur Entnahme von UF<sub>6</sub> aus dem Anreicherungsprozess zum Weiterleiten durch Erhitzen;
- c. Verfestigungs- oder Verflüssigungsstationen zur Entnahme von UF<sub>6</sub> aus dem Anreicherungsprozess durch Verdichtung und Umwandlung von UF<sub>6</sub> in seine flüssige bzw. feste Form;
- d. Produkt- und Tailsstationen zur Einfüllung von UF<sub>6</sub> in Behälter.

### 5.7.12 UF<sub>6</sub>-Trägergas-Trennsysteme (MLIS)

Speziell ausgelegtes und angefertigtes Prozesssystem zur Trennung von UF<sub>6</sub> und Trägergas. Trägergas kann Stickstoff, Argon oder ein anderes sein.

#### *Erläuterung*

Diese Systeme können folgende Ausrüstung enthalten:

- a. Tieftemperatur-Wärmeaustauscher und Kryotrennanlagen, ausgelegt für Temperaturen von  $-120\text{ °C}$  oder weniger;
- b. Tieftemperatur-Gefriergeräte, ausgelegt für Temperaturen von  $-120\text{ °C}$  oder weniger;
- c. UF<sub>6</sub>-Kühlfallen, ausgelegt für Temperaturen von  $-20\text{ °C}$  oder weniger.

### 5.7.13 Lasersysteme (AVLIS, MLIS und CRISLA)

Laser oder Lasersysteme, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Trennung von Uranisotopen.

#### *Erläuterung*

Das Lasersystem für den AVLIS-Prozess besteht in der Regel aus zwei Lasern: einem Kupferdampfaser und einem Farbstoffaser. Das Lasersystem für MLIS besteht in der Regel aus einem CO<sub>2</sub>-Excimerlaser oder einer Photozelle mit mehrfachem Strahlendurchgang und mit sich drehenden Spiegeln an beiden Enden. Für Laser und Lasersysteme ist bei beiden Verfahren ein Frequenzbereichstabilisator für den kontinuierlichen Betrieb erforderlich.

## 5.8 Systeme, Ausrüstungen und Bauteile, besonders ausgelegt oder angefertigt für Anreicherungsanlagen, die das Plasmatrennverfahren verwenden

#### *Vorbemerkung*

Beim Plasmatrennverfahren wird ein Plasma von Uranionen durch ein elektrisches Feld geleitet, das auf die Resonanzfrequenz des U-235-Ions eingestellt ist, so dass diese vorzugsweise Energie absorbieren und sich der Durchmesser ihrer spiralenförmigen Bahnen vergrößert. Ionen mit einer Bahn mit grossem Durchmesser werden eingefangen, wodurch ein U-235-angereichertes Produkt entsteht. Das Plasma, das durch Ionisierung von Urandampf erzeugt wird, wird durch ein starkes Magnetfeld, das mit einem supraleitfähigen Magneten erzeugt wird, in einer Vakuumkammer gehalten. Die wichtigsten technischen Systeme des Prozesses sind das Uranplasmaerzeugungssystem, das Separatormodul mit supraleitfähigen Magneten und Metallentnahmesystemen zur Sammlung von Produkt und Tails.

### **5.8.1 Mikrowellenleistungsquellen und -strahler**

Mikrowellenleistungsquellen und -strahler, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Erzeugung oder Beschleunigung von Ionen, mit folgenden Merkmalen: Frequenz grösser als 30 GHz und mittlere Ausgangsleistung grösser als 50 kW.

### **5.8.2 Anregungsspulen**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Anregungsspulen für Frequenzen im Radiofrequenzbereich über 100 kHz und geeignet für eine mittlere Leistung grösser als 40 kW.

### **5.8.3 Uranplasmaerzeugungssysteme**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme für die Erzeugung von Uranplasma, die flächenbestrahlende oder rasternde Hochleistungs-Elektronenstrahlkanonen mit einer Auftreffleistung von mehr als 2,5 kW/cm enthalten können.

### **5.8.4 Handhabungssysteme für flüssiges Uranmetall**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Handhabungssysteme für geschmolzenes Uranmetall oder Uranlegierungen, bestehend aus Tiegeln und Kühlvorrichtung.

#### *Erläuterung*

Die Tiegel und andere Teile dieser Systeme, die in unmittelbarem Kontakt mit geschmolzenem Uran oder Uranlegierungen kommen, sind hergestellt aus Materialien von geeigneter Hitze- und Korrosionsbeständigkeit oder damit beschichtet. Geeignete Werkstoffe sind Tantal, yttriumoxid-beschichteter Graphit und Graphit, der mit anderen Seltenerdoxid- oder Mischungen daraus beschichtet ist.

### **5.8.5 Sammelbehälter für Uranmetallprodukt und -tails**

Speziell ausgelegte oder angefertigte Sammelbehälter für festes Uranmetall. Diese Sammelbehälter sind hergestellt aus geeigneten hitzebeständigen und uranmetall-dampf-resistenten Materialien wie yttriumoxid-beschichtetem Graphit oder Tantal.

### **5.8.6 Separatorengehäuse**

Speziell ausgelegte oder angefertigte zylindrische Behälter zur Verwendung in Anreicherungsanlagen, die das Plasmaverfahren verwenden. In dem Behälter sind die Uranplasmaquelle, Anregungsspulen der Radiofrequenz und der Produkt- und Tails-Sammelbehälter untergebracht.

*Erläuterung*

Diese Gehäuse haben zahlreiche Öffnungen für elektrische Leitungen, Diffusionspumpenverbindungen, Instrumentendiagnostik und Überwachung. Sie lassen sich auch zum Zweck des Austausches von Innenteilen öffnen und schliessen und sind aus geeigneten nichtmagnetischen Materialien wie Edelstahl hergestellt.

## **5.9 Systeme, Ausrüstungen und Bauteile, besonders ausgelegt oder angefertigt zur Verwendung in Anreicherungsanlagen, die elektromagnetische Verfahren verwenden**

*Vorbemerkung*

Beim elektromagnetischen Verfahren werden die durch Ionisierung eines Einspeisesalzes (in der Regel  $UCl_4$ ) erzeugten Uranmetallionen beschleunigt und durch ein Magnetfeld geleitet. Ionen verschiedener Isotopen folgen unterschiedlichen Pfaden. Die wichtigsten Bauteile einer elektromagnetischen Isotopen-Trennanlage sind: ein Magnetfeld für die Umlenkung der Ionenstrahlen/Isotopentrennung, eine Ionenquelle mit Beschleunigungssystem und ein Sammelbehälter für die abgetrennten Ionen. Zusatzsysteme für den Prozess sind das Stromversorgungssystem für den Magneten, das Hochspannungs-Stromversorgungssystem für die Ionenquelle, das Vakuumsystem und die komplexen chemischen Systeme für die Entnahme des Produkts und die Reinigung/Rückgewinnung der Bestandteile.

### **5.9.1 Elektromagnetische Isotopentrenner**

Elektromagnetische Isotopentrenner, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Trennung von Uranisotopen, sowie Ausrüstungen und Bauteile hierfür, darunter:

- a. Ionenquellen Speziell ausgelegte oder angefertigte Einfach- oder Mehrfach-Ionenquellen, bestehend aus einer Dampfquelle, einem Ionisierer und Strahlbeschleuniger, hergestellt aus geeigneten Materialien wie Graphit, Edelstahl oder Kupfer und geeignet zur Erzeugung eines Ionenstroms von 50 mA oder mehr.
- b. Ionenkollektoren Ionenkollektorplatten mit zwei oder mehr Schlitzen einschliesslich Sammelbehälter, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Bündelung der Ionenstrahlen von angereichertem oder abgereichertem Uran, bestehend aus geeigneten Materialien wie Graphit oder Edelstahl.
- c. Vakuumbehälter Speziell ausgelegte oder angefertigte Vakuumbehälter für elektromagnetische Urantrenner, hergestellt aus geeigneten nichtmagnetischen Materialien wie Edelstahl für den Betrieb bei einem Druck von 0,1 Pa oder weniger.

*Erläuterung*

Die Behälter sind speziell für Ionenquellen, Kollektorplatten und wassergekühlte Auskleidungen hergestellt. Anschlüsse für Diffusionspumpen sind vorgesehen; die

Behälter lassen sich zur Entnahme und zum Wiedereinbau dieser Bestandteile öffnen und schliessen.

- d. Magnetpolstücke Speziell ausgelegte oder angefertigte Magnetpolstücke mit einem Durchmesser von mehr als 2 m zur Erzeugung eines konstanten Magnetfelds in einem elektromagnetischen Isotopentrenner und zur Übertragung des Magnetfelds zwischen nebeneinanderliegenden Isotopentrennern.

## 5.9.2 Hochspannungsstromversorgung

Speziell ausgelegte oder angefertigte Hochspannungsstromversorgung für Ionenquellen mit allen folgenden Eigenschaften: geeignet für den kontinuierlichen Betrieb, Ausgangsspannung 20 000 V oder mehr, Ausgangsstromstärke 1 A oder mehr sowie Spannungsstabilisierung besser als 0,01 % über eine Zeitdauer von acht Stunden.

## 5.9.3 Stromversorgung der Magnete

Speziell ausgelegte oder angefertigte Hochleistungs- und Gleichstromversorgung der Magnete mit allen folgenden Eigenschaften: geeignet für den kontinuierlichen Betrieb mit Ausgangsstromstärke von 500 A oder mehr bei einer Spannung von 100 V oder mehr sowie Strom- oder Spannungsstabilisierung besser als 0,01 % über eine Zeitdauer von acht Stunden.

## 6 Anlagen zur Herstellung von schwerem Wasser, Deuterium oder Deuteriumverbindungen und besonders ausgelegte oder angefertigte Ausrüstung hierfür

### *Vorbemerkung*

Schweres Wasser kann durch viele verschiedene Verfahren gewonnen werden. Als rentabel haben sich jedoch zwei Verfahren herausgestellt: das Schwefelwasserstoff-Wasser-Austauschverfahren (GS-Verfahren) und das Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren. Das GS-Verfahren beruht auf dem Austausch von Wasserstoff und Deuterium zwischen Wasser und Schwefelwasserstoff in einer Reihe von Kolonnen, deren oberer Teil im Betrieb kalt und deren unterer Teil heiss ist. Wasser fliesst von oben nach unten durch die Kolonnen, während das Schwefelwasserstoffgas von unten nach oben zirkuliert. Eine Reihe von Siebplatten trägt zur Mischung des Gases und des Wassers bei. Deuterium migriert bei niedrigen Temperaturen zu Wasser und bei hohen Temperaturen zu Schwefelwasserstoff. Deuteriumangereichertes Gas oder Wasser wird von den Kolonnen der ersten Stufe an dem Punkt entnommen, an dem sich der heisse und der kalte Abschnitt treffen, und der Prozess wird in Kolonnen weiterer Stufen wiederholt. Das Produkt der letzten Stufe, nämlich Wasser, dessen Deuterium-Gehalt bis zu 30 % angereichert ist, wird in einen Destillierapparat geleitet, in dem schweres Wasser in Reaktorqualität, d.h. 99,75 % Deuteriumoxid, erzeugt wird.

Beim Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren wird Deuterium durch den Kontakt mit flüssigem Ammoniak in Gegenwart eines Katalysators aus Synthesegas extrahiert. Das Synthesegas wird in Austauschkolonnen und in einen Ammoniakkonverter eingespeist. In den Kolonnen strömt das Gas von unten nach oben, während das flüssige Ammoniak von oben nach unten fliesst. Das Deuterium wird im Synthesegas vom Wasserstoff abgetrieben und im Ammoniak konzentriert. Das Ammoniak strömt dann in einen Ammoniakcracker am unteren Ende der Kolonne, während das Gas in einen Ammoniakkonverter am oberen Ende strömt. Eine weitere Anreicherung erfolgt in nachgeschalteten Stufen, und schweres Wasser in Reaktorqualität wird durch Nachdestillierung erzeugt. Das eingespeiste Synthesegas kann von einer Ammoniakanlage kommen, die zusammen mit einer Schwerwasser-Ammoniak-Wasserstoff-Austauschanlage gebaut werden kann. Im Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren kann auch normales Wasser als Deuteriumquelle verwendet werden.

Viele der wichtigen Ausrüstungsteile von Schwerwassergewinnungsanlagen, die das GS-Verfahren oder das Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren verwenden, werden auch in verschiedenen Anlagen der chemischen oder der Erdölindustrie verwendet. Das trifft vor allem auf kleine Anlagen zu, die das GS-Verfahren verwenden. Nur wenige der Teile sind jedoch standardmässig erhältlich. Beim GS- und beim Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren müssen grosse Mengen leicht entzündlicher, korrosiver und toxischer Flüssigkeiten bei hohem Druck gehandhabt werden. Daher müssen bei der Festlegung von Auslegungs- und Betriebsnormen für Anlagen und Ausrüstungen für diese Verfahren die Materialauswahl und die Spezifikationen sorgfältig geprüft werden, um eine lange Betriebsdauer mit hohen Sicherheits- und Zuverlässigkeitsstandards sicherzustellen. Die Wahl der Grösse ist in erster Linie eine Frage der Rentabilität und des Bedarfs. Daher dürfte der grösste Teil der Ausrüstung nach den Bedürfnissen der Kunden hergestellt werden.

Schliesslich wird darauf hingewiesen, dass sowohl beim GS- als auch beim Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren Ausrüstungen, die für sich genommen nicht speziell zur Erzeugung von schwerem Wasser ausgelegt oder angefertigt sind, zu Systemen zusammengebaut werden können, die speziell dazu dienen. Das Katalysatorsystem, das im Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren verwendet wird, und die Wasserdestillierungssysteme, die in beiden Verfahren bei der Nachkonzentration von schwerem Wasser zu Wasser in Reaktorqualität verwendet werden, sind Beispiele dafür.

Zur Ausrüstung, die speziell zur Herstellung von schwerem Wasser entweder mit dem Schwefelwasserstoff-Wasser-Austauschverfahren oder dem Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren ausgelegt oder angefertigt wird, gehören:

### **6.1 Schwefelwasserstoff-Wasser-Austauschkolonnen**

Austauschkolonnen aus hochwertigem Kolonnenstahl (wie ASTM A516) mit einem Durchmesser von 6 m (20 ft) bis 9 m (30 ft) zum Betrieb bei einem Nenndruck grösser/gleich 2 MPa (300 psi) und mit einem Korrosionszuschlag von 6 mm oder

mehr, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Herstellung von schwerem Wasser mit dem Wasser-Schwefelwasserstoff-Austauschverfahren.

## **6.2 Ventilatoren und Kompressoren**

Ein-Phasen-Niedrig-Zentrifugalventilatoren (dh. 0,2 MPa oder 30 psi) oder Kompressoren für die Schwefelwasserstoffgaszirkulation (d.h. Gas mit mehr als 70 % H<sub>2</sub>S), speziell ausgelegt oder angefertigt zur Herstellung von schwerem Wasser mit dem Wasser-Schwefelwasserstoff-Austauschverfahren. Diese Ventilatoren oder Kompressoren können einen Durchsatz von grösser/gleich 56 m<sup>3</sup>/s (120 000 SCFM) und ein Ansaugvermögen von grösser/gleich 1,8 MPa (260 psi) haben. Sie haben Dichtungen, die für den nassen H<sub>2</sub>S-Betrieb ausgelegt sind.

## **6.3 Ammoniak-Wasserstoff-Austauschkolonnen**

Ammoniak-Wasserstoff-Austauschkolonnen mit einer Höhe von grösser/gleich 35 m (114,3 ft) und einem Durchmesser von 1,5 m (4,9 ft) bis 2,5 m (8,2 ft), geeignet für einen Betriebsdruck von mehr als 15 MPa (2 225 psi), speziell ausgelegt oder angefertigt für die Herstellung von schwerem Wasser mit dem Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahren. Diese Kolonnen haben mindestens eine Axialöffnung mit Flansch mit dem gleichen Durchmesser wie das zylindrische Teil, durch das die Innenteile der Kolonne eingeführt oder entnommen werden können.

## **6.4 Kolonneninnenteile und Stufenpumpen**

Kolonneninnenteile und Stufenpumpen, speziell ausgelegt oder angefertigt für Schwerwassererzeugungs-Kolonnen unter Verwendung des Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahrens. Zu den Innenteilen gehören speziell konstruierte Stufenkontaktböden, die Gas und Flüssigkeit mischen. Zu den Stufenpumpen gehören speziell konstruierte Tauchpumpen für die Zirkulation des flüssigen Ammoniaks in einer Kontaktstufe innerhalb der Stufenkolonne.

## **6.5 Ammoniakcracker**

Ammoniakcracker für einen Betriebsdruck von grösser/gleich 3 MPa (450 psi), speziell ausgelegt oder angefertigt für die Herstellung von schwerem Wasser unter Verwendung des Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahrens.

## **6.6 Infrarot-Absorptionsanalysegeräte**

Infrarot-Absorptionsanalysegeräte, geeignet zur laufenden Messung des Wasserstoff-Deuterium-Verhältnisses bei Deuterium-Konzentrationen grösser/gleich 90 %.

## 6.7 Katalytische Brenner

Katalytische Brenner zur Umwandlung von angereichertem Deuteriumgas in schweres Wasser, speziell ausgelegt oder angefertigt zur Herstellung von schwerem Wasser unter Verwendung des Ammoniak-Wasserstoff-Austauschverfahrens.

## 7 Anlagen zur Umwandlung von Uran und besonders ausgelegte oder angefertigte Ausrüstungen hierfür

### *Vorbemerkung*

Uranumwandlungsanlagen und -systeme eignen sich für eine oder mehrere Umwandlungen von einer Uranverbindung in eine andere, darunter: Umwandlung von Uranerzkonzentraten in  $\text{UO}_3$ , Umwandlung von  $\text{UO}_3$  in  $\text{UO}_2$ , Umwandlung von Uranoxid in  $\text{UF}_4$  oder  $\text{UF}_6$ , Umwandlung von  $\text{UF}_6$  in  $\text{UF}_4$ , Umwandlung von  $\text{UF}_4$  in Uranmetall sowie Umwandlung von Uranfluorid in  $\text{UF}_2$ . Viele der wichtigsten Ausrüstungsteile von Uranumwandlungsanlagen werden auch in der chemischen Verfahrenstechnik verwendet. Ausrüstungsteile bei diesen Verfahren sind beispielsweise: Öfen, Drehöfen, Wirbelschichtreaktoren, Flame-Tower-Reaktoren, Flüssigkeitszentrifugen, Destillationskolonnen und Flüssig-Flüssig-Extraktionskolonnen. Nur wenige der Teile sind jedoch standardmässig erhältlich, die meisten dürften nach den Anforderungen und Spezifikationen der Kunden hergestellt werden.

In manchen Fällen sind spezielle Auslegungs- und Konstruktionsmassnahmen erforderlich, damit das Teil die nötige Korrosionsbeständigkeit gegen bestimmte verwendete Chemikalien hat ( $\text{HF}$ ,  $\text{F}_2$ ,  $\text{ClF}_3$ , und Uranfluoride). Schliesslich ist darauf hinzuweisen, dass bei allen Uranumwandlungsverfahren Geräte, die für sich genommen nicht speziell für die Uranumwandlung ausgelegt oder angefertigt sind, zu Systemen zusammengebaut werden können, die dazu bestimmt sind.

## 7.1 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von Uranerzkonzentraten in $\text{UO}_3$

### *Erläuterung*

Uranerzkonzentrate können in  $\text{UO}_3$  umgewandelt werden, indem das Erz erst in Salpetersäure aufgelöst und reines Uranylнитrat mit Hilfe eines Lösungsmittels wie Tributylphosphat extrahiert wird. Dann wird das Uranylнитrat zu  $\text{UO}_3$  umgewandelt, indem es entweder konzentriert und denitriert wird oder indem es mit Ammoniakgas zu Ammoniumdiuranat neutralisiert und anschliessend gefiltert, getrocknet und kalziniert wird.



## **7.2 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von $\text{UO}_3$ in $\text{UF}_6$**

### *Erläuterung*

Die Umwandlung von  $\text{UO}_3$  in  $\text{UF}_6$  kann direkt durch Fluorierung erfolgen. Für das Verfahren ist eine Fluorgas- oder Chlortrifluoridquelle erforderlich.

## **7.3 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von $\text{UO}_3$ in $\text{UO}_2$**

### *Erläuterung*

Die Umwandlung von  $\text{UO}_3$  in  $\text{UO}_2$  kann durch die Reduktion von  $\text{UO}_3$  mit Spaltammoniakgas oder Wasserstoff erfolgen.

## **7.4 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von $\text{UO}_2$ in $\text{UF}_4$**

### *Erläuterung*

Die Umwandlung von  $\text{UO}_2$  in  $\text{UF}_4$  kann durch die Reaktion von  $\text{UO}_2$  mit Fluorwasserstoffgas (HF) bei 300–500 °C erfolgen.

## **7.5 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von $\text{UF}_4$ in $\text{UF}_6$**

### *Erläuterung*

Die Umwandlung von  $\text{UF}_4$  in  $\text{UF}_6$  erfolgt durch die exothermische Reaktion mit Fluor in einem Turmreaktor.  $\text{UF}_6$  wird aus dem heissen Gasstrom kondensiert, indem der abgehende Strom durch eine auf  $-10$  °C gekühlte Kühlfalle geleitet wird. Für das Verfahren ist eine Fluorgasquelle erforderlich.

## **7.6 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von $\text{UF}_4$ in Uranmetall**

### *Erläuterung*

Die Umwandlung von  $\text{UF}_4$  in Uranmetall erfolgt durch die Reduktion von Magnesium (bei grossen Mengen) oder Calcium (bei kleinen Mengen). Die Reaktion wird bei Temperaturen über dem Schmelzpunkt von Uran (1130 °C) durchgeführt.

### **7.7 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von UF<sub>6</sub> in UO<sub>2</sub>**

#### *Erläuterung*

Die Umwandlung von UF<sub>6</sub> in UO<sub>2</sub> kann durch drei verschiedene Verfahren erfolgen. Beim ersten wird UF<sub>6</sub> reduziert und dann mit Wasserstoff oder Dampf zu UO<sub>2</sub> hydrolysiert. Beim zweiten Verfahren wird UF<sub>6</sub> durch Lösung in Wasser hydrolysiert, Ammoniak hinzugefügt, um Ammoniumdiuranat auszufällen, und das Ammoniumdiuranat wird dann bei 820 °C mit Wasserstoff zu UO<sub>2</sub> reduziert. Beim dritten Verfahren werden UF<sub>6</sub>-Gas, CO<sub>2</sub> und NH<sub>3</sub> mit Wasser gemischt, wodurch Ammoniumuranylcarbonat ausgefällt wird. Das Ammoniumuranylcarbonat wird bei 500–600 °C mit Dampf und Wasserstoff zusammengebracht, wodurch UO<sub>2</sub> entsteht.

Die Umwandlung von UF<sub>6</sub> in UO<sub>2</sub> wird häufig in der ersten Stufe einer Brennstoffherstellungsanlage durchgeführt.

### **7.8 Speziell ausgelegte oder angefertigte Systeme zur Umwandlung von UF<sub>6</sub> in UF<sub>4</sub>**

#### *Erläuterung*

Die Umwandlung von UF<sub>6</sub> in UF<sub>4</sub> erfolgt durch Reduzierung mit Wasserstoff.

Anhang 4  
(Art. 8–10 und 13)

## 1 Berichterstattungspflichten für Anlagen mit Kernmaterialien nach Art. 2 Abs. 1 Bst. c

### a) Auslegungs- und Zusatzinformationen

Die Auslegungs- und Zusatzinformationen sind bei neuen Anlagen und bei Veränderungen von bestehenden Anlagen anhand eines standardisierten Formulars (*Design Information Questionnaire, DIQ*) wenn möglich auf Englisch vorzulegen und mit den nötigen Plänen, Zeichnungen und Tabellen zu versehen.

Berichtstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Meldefrist
Auslegungsinformationen (DIQ, <i>Design Information Questionnaire</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bezeichnung der Anlage unter Angabe ihrer Grundzüge, ihres Zweckes, ihrer nominellen Leistung, ihres Standorts, ihrer Anschrift und der verantwortlichen Person</li> <li>– Beschreibung des Durchflusses von Kernmaterialien und Anordnung wichtiger Ausrüstungselemente, in denen Kernmaterialien verwendet, hergestellt oder bearbeitet werden; der Beschreibung sind die relevanten Anlagepläne mit Koordinatenangaben beizulegen</li> <li>– Beschreibung der Merkmale der Anlage, soweit diese sich auf die Materialbuchhaltung, räumliche Begrenzung und Überwachung beziehen</li> <li>– Beschreibung der in der Anlage angewendeten und geplanten Verfahren für die buchmässige Erfassung und Kontrolle von Kernmaterialien mit besonderer Berücksichtigung der festgelegten Materialbilanzonen, der Messungen des Durchflusses und der Verfahren für die Erfassung des Materialbestandes</li> </ul>	Bei Neubau oder bei Bedarf, je nach Umfang der Änderungen, innert 3 Monaten nach Baubewilligung

Berichtstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Meldefrist
Zusatzinformatio- nen	– Allgemeine Beschreibung sämtlicher Gebäude einer Anlage mit den äusseren Abmessungen sowie Angabe der Stockwerke, einschliesslich deren Verwendung und, sofern dies nicht aus der Beschreibung hervorgeht, ihres Inhalts; der Beschreibung sind die relevanten Anlagepläne mit Koordinatenangaben beizulegen	Einmalig sowie nach Änderungen, bis zum 31. März des folgenden Kalenderjahres

### b) Bestands- und Bestandsänderungsberichte

Folgende standardisierte Berichte sind für jede einzelne Materialbilanzzone (MBA) zu erstellen:

- Vorankündigung (*Advance Notification*, AN)
- Bestandsänderungsbericht (*Inventory Change Report*, ICR)
- kurzgefasste Erläuterungen (*Concise Notes*, CN)
- Materialbilanzbericht (*Material Balance Report*, MBR)
- Bestandsbericht der physisch vorhandenen Kernmaterialien (*Physical Inventory Listing*, PIL)

Die erforderlichen Angaben für diese Berichte und deren Formate werden in den Richtlinien zu dieser Verordnung beschrieben.

Berichtstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Meldefrist
AN ( <i>Advance Notification</i> )	– Daten über den Transport von Kernmaterialien – Information über ausserordentliche Aktivitäten	30 Tage vor dem Transport bzw. sobald als möglich
CN ( <i>Concise Notes</i> )	– Kurzgefasste Erläuterungen	Nach Bedarf zusammen mit den zugehörigen ICR, PIL und MBR
ICR ( <i>Inventory Change Report</i> )	– Bestandsänderungen	Nach Änderungen, bis zum 15. des folgenden Monats

Berichtstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Meldefrist
MBR ( <i>Material Balance Report</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ausgangs-Materialbestand</li> <li>– Bestandsänderungen</li> <li>– End-Buchbestand</li> <li>– Mengendifferenzen zwischen Versender und Empfänger</li> <li>– Berichtigter End-Buchbestand</li> <li>– End-Materialbestand</li> <li>– Inventardifferenzen</li> </ul>	Kalenderjahr, 15 Tage nach Inventaraufnahme
PIL ( <i>Physical Inventory Listing</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Liste jedes einzelnen Batch</li> <li>– Materialkennzeichnung des Batch</li> <li>– Materialangaben des Batch</li> </ul>	Kalenderjahr, 15 Tage nach Inventaraufnahme

### c) Betriebsprotokolle

Protokollstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Frist
Gesamtzusammenstellung ( <i>General Ledger</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>– bei jeder Bestandsänderung sind der Zeitpunkt sowie die Materialbilanzzone anzugeben, aus welcher Material weg- bzw. zugeführt wurde</li> </ul>	Laufend, die Gesamtzusammenstellung muss jederzeit aktuell sein
Einzelteilliste ( <i>Item list</i> )	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Liste der Einzelteile</li> <li>– Zuordnung der Einzelteile zu einem Batch</li> <li>– Materialkennzeichnung der Einzelteile</li> <li>– Daten der Einzelteile</li> <li>– Jeweilige Standorte</li> </ul> <p>Die Einzelteilliste ist dem Bestandsbericht (PIL) beizulegen.</p>	Laufend, die Einzelteilliste muss jederzeit aktuell sein
Zusätzliche Betriebsprotokolle	<p>Sie haben für jede Materialbilanzzone soweit für die jeweilige Anlage zutreffend Angaben zu enthalten über:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– die Betriebsdaten, die zur Feststellung von Änderungen der Mengen und Zusammensetzung der Kernmaterialien verwendet werden</li> <li>– sämtliche Messergebnisse, die zur Feststellung des Materialbestandes verwendet werden</li> </ul>	Laufend, die Protokolle müssen jederzeit aktuell sein

Protokollstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Frist
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– sämtliche Angleichungen und Korrekturen, die in Bezug auf Bestandsänderungen, Buch- und Materialbestände durchgeführt wurden</li> <li>– die Daten, die bei der Eichung von Behältern und Instrumenten sowie bei der Probenahme und den Analysen gewonnen wurden, die Verfahren zur Kontrolle der Güte von Messungen sowie die abgeleiteten Schätzungen zufälliger und systematischer Fehler</li> <li>– eine Beschreibung des Ablaufs der Vorbereitung und der Aufnahme eines Materialbestandes, zur Feststellung seiner Richtigkeit und Vollständigkeit</li> <li>– eine Beschreibung der Schritte, die unternommen werden, um Ursache und Grössenordnung eines durch einen Vorfall entstandenen oder durch Messung nicht erfassten allfälligen Verlustes festzustellen</li> </ul>	

## 2 **Berichterstattungspflichten für Anlagen ohne Kernmaterialien nach Art. 2 Abs. 1 Bst. d Ziff. 1 und 2**

### **Auslegungs- und Zusatzinformationen**

Die Auslegungs- und Zusatzinformationen sind bei neuen Anlagen und bei Veränderungen von bestehenden Anlagen anhand eines standardisierten Formulars (*Design Information Questionnaire, DIQ*) vorzugsweise auf Englisch vorzubereiten und mit den nötigen Plänen, Zeichnungen und Tabellen zu versehen.

Berichtstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Meldefrist
Auslegungsinformationen (DIQ, <i>Design Information Questionnaire</i> )	– Bezeichnung der Anlage unter Angabe ihrer Grundzüge, ihres Zweckes, ihrer nominellen Leistung, ihres Standorts, ihrer Anschrift und der verantwortlichen Person	Bei Neubau oder bei Bedarf, je nach Umfang der Änderungen, innert 3 Monaten nach Baubewilligung

Berichtstyp	Enthaltene Information	Periodizität/Meldefrist
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung des geplanten oder bisherigen Durchflusses von Kernmaterialien und der Anordnung wichtiger Ausrüstungselemente, in denen Kernmaterialien verwendet, hergestellt oder bearbeitet werden können; Beschreibung der ausser Betrieb genommenen oder abgebauten Ausrüstungselemente zum Umgang mit Kernmaterialien; der Beschreibung sind die relevanten Anlagepläne mit Koordinatenangaben beizulegen</li> <li>– Beschreibung der Merkmale der Anlage, soweit sich diese auf die Materialbuchhaltung, räumliche Begrenzung und Überwachung beziehen</li> <li>– Beschreibung der in der Anlage geplanten oder angewandten Verfahren für die buchmässige Erfassung und Kontrolle von Kernmaterialien mit besonderer Berücksichtigung der festgelegten Materialbilanzzonen, der Messungen des Durchflusses und der Verfahren für die Erfassung des Materialbestandes</li> </ul>	
Zusatzinformationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Allgemeine Beschreibung sämtlicher Gebäude einer Anlage, einschliesslich der äusseren Abmessungen, der Anzahl Stockwerke, deren Verwendung und, sofern dies nicht aus der Beschreibung hervorgeht, seines Inhalts; der Beschreibung sind die relevanten Anlagepläne mit Koordinatenangaben beizulegen</li> </ul>	Einmalig sowie nach Änderungen, bis zum 31. März des folgenden Kalenderjahres

### 3 **Berichterstattungspflichten für Anlagen ohne Kernmaterialien nach Art. 2 Abs. 1 Bst. d Ziff. 3**

Erforderliche Informationen	Periodizität/Meldefrist
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Beschreibung der Anlage mit Ortsangabe, bei der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf durchgeführt werden</li> <li>– Beschreibung der geplanten oder der laufenden Arbeiten</li> <li>– Auf Verlangen die Identität der involvierten Personen</li> <li>– Falls vorhanden, Informationen über langfristige Pläne</li> </ul>	<p>Kalenderjahr, bis zum 31. März des folgenden Kalenderjahres</p>



*Anhang 5*  
(Art. 11, 14–19 und 21–23)

## **1 Inspektionen in Anlagen mit Kernmaterialien nach Art. 2 Abs. 1 Bst. c**

### **a) Inspektionen des Inventars sowie der Auslegungs- und Zusatzinformationen**

Diese Inspektionen erfolgen durch Überprüfung der Buchführung, des vorhandenen Inventars sowie der Auslegungs- und Zusatzinformationen. Bei den Inspektionen können jene Gegenstände kontrolliert und Verifikationsmethoden angewendet werden, welche in der folgenden Tabelle aufgeführt sind.

Gegenstand	Verifikationsmethode
<b>Forschungsreaktoren und kritische Anlagen (Art. 2 Abs. 1 Bst. c Ziff. 1)</b>	
Inventar	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Brennelemente im Kern</li> <li>– Brennelemente im Trockenlager</li> <li>– Brennelemente im Nasslager</li> <li>– Kernmaterialien für Experimente</li> <li>– Sonstige Kernmaterialien</li> </ul>
Auslegungs- und Zusatzinformationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zählen der Brennelemente</li> <li>– Identifizierung der Brennelemente</li> <li>– Entnahme von Kernmaterialproben</li> <li>– Messungen der Strahlung (<math>\gamma</math>, n)</li> <li>– Überprüfung der Kritikalitätskurve</li> <li>– Entnahme von Umwelt- und Wischproben</li> <li>– Einsehen von Betriebsprotokollen und Unterlagen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sämtliche Gebäude</li> <li>– Hauptbestandteile der technischen Ausrüstung</li> <li>– Hilfssysteme</li> <li>– Betriebsart</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Begehung mit visueller Überprüfung, eventuell mit Messungen</li> </ul>

### **Leistungsreaktoren (Art. 2 Abs. 1 Bst. c Ziff. 2)**

Inventar	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Brennelemente im Kern</li> <li>– Brennelemente im Trockenlager</li> <li>– Brennelemente im Nasslager</li> <li>– Sonstige Kernmaterialien</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zählen der Brennelemente</li> <li>– Identifizierung der Brennelemente</li> <li>– Entnahme von Kernmaterialproben</li> <li>– Messungen der Strahlung (<math>\gamma</math>, n)</li> <li>– Entnahme von Umwelt- und Wischproben</li> </ul>

Gegenstand	Verifikationsmethode
	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Einführung, Tausch, Kontrolle und Wartung von Überwachungssystemen (z.B. Siegel, Kameras, Server)</li> <li>– Einsehen von Betriebsprotokollen und Unterlagen</li> </ul>
Auslegungs- und Zusatzinformationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sämtliche Gebäude</li> <li>– Hauptbestandteile der technischen Ausrüstung</li> <li>– Hilfssysteme</li> <li>– Betriebsart</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Begehung mit visueller Überprüfung, eventuell mit Messungen</li> </ul>

**Lager und Anlagen, in denen mit Kernmaterialien umgegangen wird (Art. 2 Abs. 1 Bst. c Ziff. 3 und 4)**

Inventar	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Kernmaterial in Form von: Oxidpulver, Lösungen, Metallen, Legierungen, Verbindungen usw.</li> <li>– Kernbrennstoffproben</li> <li>– Bestand von abgeschlossenen Behältern</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zählen der Batch</li> <li>– Identifizierung der Batch</li> <li>– Messungen</li> <li>– Entnahme von Kernmaterialproben</li> <li>– Entnahme von Umwelt- und Wischproben</li> <li>– Einführung, Tausch, Kontrolle und Wartung von Überwachungssystemen (z.B. Siegel, Kameras, Server)</li> <li>– Einsehen von Betriebsprotokollen und Unterlagen</li> </ul>
Auslegungs- und Zusatzinformationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Sämtliche Gebäude</li> <li>– Hauptbestandteile der technischen Ausrüstung</li> <li>– Hilfssysteme</li> <li>– Betriebsart</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Begehung mit visueller Überprüfung eventuell mit Messungen</li> </ul>

**b) Häufigkeit der Inspektionen der IAEO**

Die Häufigkeit der Inspektionen richtet sich nach Art, Typ sowie Menge der vorhandenen Kernmaterialien und je nachdem, ob eine Fernüberwachung mit Kameras in Betrieb ist. Als Mass für die Menge gilt die *Significant Quantity* (SQ, siehe Anhang 1). Die folgende Tabelle gibt Hinweise über die mögliche Anzahl von angekündigten Inspektionen. Das Inspektionsregime ist jedoch spezifisch an jede Anlage und an das dort installierte Überwachungssystem angepasst.

Intervall	Materialart		
	Direkt einsetzbar unbestrahlt <sup>a</sup>	Direkt einsetzbar bestrahlt <sup>a</sup>	Nicht direkt einsetzbar <sup>b</sup>
1 Monat (+ max. 1 Woche*)	$\geq 1 \text{ SQ}$	–	–
3 Monate (+ max. 3 Wochen*)	–	$\geq 1 \text{ SQ}$	–
		$\Sigma > 1 \text{ SQ}$	
1 Jahr (+ max. 2 Monate*)		$\Sigma < 1 \text{ SQ}$	$\geq 1 \text{ SQ}$

\* Maximaler zulässiger Aufschub

<sup>a</sup> Direkt einsetzbare Arten von Kernmaterialien: Plutonium, Uran-233, hochangereichertes Uran

<sup>b</sup> Nicht direkt einsetzbare Arten von Kernmaterialien: angereichertes Uran, abgereichertes Uran, Natururan und Thorium

### c) Unangemeldete Inspektionen der IAEA

Diese Art von Inspektionen werden kurzfristig (innert 2 Stunden) anberaumt. Die Häufigkeit richtet sich nach denselben Kriterien wie bei den angemeldeten Inspektionen. Die Überprüfungen beschränken sich grundsätzlich auf den Tausch von Siegeln mit Kontrolle der Überwachungsinstrumente (z.B. Kameras). Die folgende Tabelle gibt Hinweise über die mögliche Anzahl von unangemeldeten Inspektionen. Je nach anlagenspezifischem Inspektionsregime können unangemeldete Inspektionen durch angemeldete ersetzt werden.

Häufigkeit	Materialart	
	Direkt einsetzbar unbestrahlt <sup>a</sup>	Direkt einsetzbar bestrahlt <sup>a</sup>
4–6 Mal pro Jahr	$\geq 1 \text{ SQ}$	–
1–2 Mal pro Jahr	–	$\geq 1 \text{ SQ}$

<sup>a</sup> Direkt einsetzbare Arten von Kernmaterialien: Plutonium, Uran-233, hochangereichertes Uran

## 2 Übrige Inspektionen

Diese Inspektionen werden unregelmässig durchgeführt, meist um Gebäude ohne Kernmaterialien zu überprüfen. Falls vorhanden, können Auslegungs- und Zusatzinformationen überprüft werden, üblicherweise durch Begehung und visuelle Kontrollen, allenfalls zusätzlich mit Strahlenmessungen und mit Entnahme von Umweltproben. Insbesondere können kontrolliert werden:

- 
- Baufortschritt einer neuen oder einer im Rückbau befindlichen Anlage
  - Anlagen, in denen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten im Zusammenhang mit dem Brennstoffkreislauf durchgeführt werden
  - Anlagen, in denen Kernmaterialien vorhanden sind, die von Safeguardsmassnahmen befreit wurden
  - Anlagen, in denen Materialien nach Artikel 1 Absatz 2 Buchstabe b und c KEV<sup>12</sup> vorhanden sind
  - Kernmaterialien bei Anlieferung, vor einem unmittelbaren Transport und während des Transports
  - Anlagen und Ausrüstungen, die im Anhang 2 erwähnt sind
  - Identität und Tätigkeiten von Personen
  - noch nicht befreiter radioaktiver Abfall mit Kernmaterial

<sup>12</sup> SR 732.11

## **Aufhebung und Änderung bisherigen Rechts**

### **I**

Die Safeguardsverordnung vom 18. August 2004<sup>13</sup> wird aufgehoben.

### **II**

Die nachstehenden Verordnungen werden wie folgt geändert:

...<sup>14</sup>

<sup>13</sup> [AS 2005 267, 2007 1469 Anhang 4 Ziff. 32 4477 Ziff. IV 20]

<sup>14</sup> Die Änderungen können unter AS 2012 1703 konsultiert werden.

