

# ENSI-B05

Richtlinie für die  
schweizerischen Kernanlagen

Ausgabe Februar 2007

(Änderung vom 2. März 2023)

---

Konditionierung  
radioaktiver Abfälle

---



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Nuklearsicherheitsinspektorat ENSI  
Inspection fédérale de la sécurité nucléaire IFSN  
Ispettorato federale della sicurezza nucleare IFSN  
Swiss Federal Nuclear Safety Inspectorate ENSI







# **Konditionierung radioaktiver Abfälle**

Ausgabe Februar 2007 (Änderung vom 2. März 2023)

**Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen**

**ENSI-B05/deutsch (Original)**



# Inhalt

Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen

ENSI-B05/deutsch (Original)

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Rechtliche Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Gegenstand und Geltungsbereich</b>	<b>1</b>
<b>4</b>	<b>Anforderungen an Konditionierverfahren und Abfallgebinde</b>	<b>2</b>
4.1	Grundsätze	2
4.2	Abfallgebinde und deren Komponenten	4
4.3	Dokumentation	7
4.4	Qualitätsmanagement	8
<b>5</b>	<b>Genehmigung von Konditionierverfahren und Abfallgebindetypen</b>	<b>9</b>
5.1	Grundsätze	9
5.2	Typengenehmigung	10
5.3	Einzelgenehmigung	12
5.4	Genehmigung zum Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI	12
<b>Anhang 1:</b>	<b>Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)</b>	<b>15</b>
<b>Anhang 2:</b>	<b>Dokumentation von Abfallgebinden</b>	<b>19</b>
a.	Beschreibung des Konditionierverfahrens	19
b.	Beschreibung des Abfallgebundes	19
c.	QM-Programm	22
d.	Individuelle Zusatzdokumentation (IZD)	22
<b>Anhang 3:</b>	<b>Charakterisierung von Gebindekomponenten</b>	<b>23</b>
Teil A:	Abfallmatrizen	23
Teil B:	Füllmaterialien	24
<b>Anhang 4:</b>	<b>Erläuterungen zu Parametern</b>	<b>25</b>





# 1 Einleitung

Das Eidgenössische Nuklearsicherheitsinspektorat (ENSI) ist die Aufsichtsbehörde für die nukleare Sicherheit und Sicherung der Kernanlagen in der Schweiz. In seiner Eigenschaft als Aufsichtsbehörde oder gestützt auf einen Auftrag in einer Verordnung erlässt es Richtlinien. Richtlinien sind Vollzugshilfen, die rechtliche Anforderungen konkretisieren und eine einheitliche Vollzugspraxis erleichtern. Sie konkretisieren zudem den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik. Das ENSI kann im Einzelfall Abweichungen zulassen, wenn die vorgeschlagene Lösung in Bezug auf die nukleare Sicherheit und Sicherung mindestens gleichwertig ist.

## 2 Rechtliche Grundlagen

Diese Richtlinie stützt sich auf Art. 54 Abs. 6 der Kernenergieverordnung vom 10. Dezember 2004 (KEV; SR 732.11) sowie Art. 70 Abs. 1 Bst. a des Kernenergiegesetzes vom 21. März 2003 (KEG; SR 732.1).

## 3 Gegenstand und Geltungsbereich

Diese Richtlinie regelt die Konditionierung radioaktiver Abfälle und das Verfahren zur Erlangung von Einzel- oder Typengenehmigungen.

Die Regelungen dieser Richtlinie gelten für alle Arten radioaktiver Abfälle, welche im Aufsichtsbereich des ENSI entstehen oder definitiv in diesen übergegangen sind.

Sie sind somit insbesondere anwendbar auf:

- a. Abfälle aus dem Betrieb von Kernanlagen gemäss Art. 2 Abs. 1 Bst. c Ziff. 1 KEG
- b. Abfälle aus dem Bereich von Medizin, Industrie und Forschung, welche nach Art. 27 Abs. 1 des Strahlenschutzgesetzes vom 22. März 1991 (StSG; SR 814.50) abgeliefert worden sind

Sie werden darüber hinaus als Beurteilungskriterien für Abfallgebinde herangezogen, die in den Aufsichtsbereich des ENSI übergehen.

Transport- und Lagerbehälter (T/L-Behälter) sind keine Abfallgebinde im Sinne dieser Richtlinie. Sie sind Gegenstand der Richtlinie ENSI-G05.

## **4 Anforderungen an Konditionierverfahren und Abfallgebinde**

Aus den in Kap. 4.1 abschliessend aufgeführten Grundsätzen leiten sich konkrete Anforderungen ab, die in Kap. 4.2 bis 4.4 unter den jeweiligen Stichworten ausformuliert sind.

### **4.1 Grundsätze**

#### **4.1.1 Konditionierverfahren**

Bei der Wahl und Durchführung von Konditionierverfahren sind folgende Ziele anzustreben:

- a. Einfachheit des Prozesses
- b. gute Überwachbarkeit des Prozesses
- c. geringe Störanfälligkeit des Prozesses
- d. Vermeidung von Kontaminationen ausserhalb der Konditionieranlage
- e. Minimierung radioaktiver Sekundärabfälle und Abgaben an die Umwelt
- f. niedrige Einzel- und Kollektivdosen für das Betriebspersonal
- g. Minimierung der Gefährdung von Personen und Umwelt durch Chemotoxika und konventionelle Störfälle (Brand, Explosion)

#### **4.1.2 Entsorgungskonzept**

Radioaktive Abfälle sind derart zu konditionieren, dass die resultierenden Abfallprodukte samt ihrer Verpackung als Einheit und ohne Eingriffe in ihre Integrität gehandhabt und den weiteren Entsorgungsschritten Transport, Zwischenlagerung und geologischer Tiefenlagerung zugeführt werden können. Nachträgliche Verpackungsmassnahmen sind zulässig.

#### **4.1.3 Robustheit**

Die Konditionierung hat derart zu erfolgen, dass die getroffenen Massnahmen zur Barrierenwirkung des Tiefenlagers beitragen.

#### **4.1.4 Zeitpunkt der Konditionierung**

Auf die nach Art. 54 Abs. 1 KEV geforderte möglichst rasche Konditionierung kann in folgenden Ausnahmefällen verzichtet werden:

- a. Eine Verfestigung ist im Hinblick auf die nachfolgende Beseitigung unzweckmässig.
- b. Die Abfallgebinde erfüllen ohne weitere Abfallbehandlung die Annahmebedingungen des dafür vorgesehenen geologischen Tiefenlagers.
- c. In absehbarer Zeit liegt eine Konditioniermethode vor, welche im Vergleich mit den momentan verfügbaren Verfahren eine erhebliche Verbesserung der Endlagerfähigkeit des Abfalls mit sich bringt. Ein entsprechendes Gesuch um Typen- oder Einzelgenehmigung ist gestellt.

#### **4.1.5 Abfallprodukte**

Die Abfallprodukte müssen von fester oder verfestigter Form sein, welche

- a. unter den erwarteten Bedingungen mindestens bis zur erfolgten geologischen Tiefenlagerung intakt bleibt,
- b. schwer dispergierbar ist,
- c. gegenüber wässrigen Medien resistent ist,
- d. schwer brennbar ist,
- e. möglichst geringe Anteile an organischen Materialien enthält und
- f. möglichst wenige Leerräume enthält.

#### **4.1.6 Verpackung**

- a. Die Verpackung soll neben dem Abfallprodukt eine weitere, mindestens die Zwischenlagerung überdauernde Ausbreitungsbarriere darstellen.
- b. Auf Füllmaterialien kann verzichtet werden, wenn die Verpackung in Verbindung mit den Eigenschaften des Abfalls eine genügende Barrierenwirkung ausübt.
- c. Die Verpackung darf nur in begründeten Fällen die gesamte Sicherheit des Abfallgebundes allein tragen (vgl. Anhang 4, Absatz „Visuelle Kontrolle“).
- d. An die Herstellung und die Verwendung von Verpackungen gemäss Bst. c sind besondere Anforderungen im Bereich des Qualitätsmanagements (QM) und der Dokumentation zu stellen.

#### **4.1.7 Qualitätssicherung**

Die Qualität aller Komponenten des Abfallgebundes ist durch geeignete administrative Massnahmen und technische Prüfungen sicherzustellen.

## **4.2 Abfallgebinde und deren Komponenten**

### **4.2.1 Abfallgebinde**

#### 4.2.1.1 Transportfähigkeit

Das Abfallgebinde muss, eventuell unter Einsatz geeigneter Zusatzbehälter, den Vorschriften für den Transport gefährlicher Güter entsprechen.

#### 4.2.1.2 Zwischenlagerfähigkeit

Falls eine Zwischenlagerung erfolgen soll, müssen die Annahmebedingungen des vorgesehenen Lagers erfüllt werden.

#### 4.2.1.3 Endlagerfähigkeit

- a. Das Abfallgebinde muss endlagerfähig sein. Hierzu ist der Nachweis der Erfüllung der Annahmebedingungen für das vorgesehene geologische Tiefenlager zu erbringen.
- b. Anstelle des Nachweises gemäss Bst. a kann eine entsprechende Bescheinigung durch den Projektanten oder Betreiber des vorgesehenen geologischen Tiefenlagers treten.

#### 4.2.1.4 Kennzeichnung

Jedes Abfallgebinde ist mit einer gut sichtbaren, mindestens bis zur Verbringung in ein geologisches Tiefenlager bestehenden, eindeutigen Identifikation zu versehen, welche mindestens das Zeichen des Abfallerzeugers und die Laufnummer des Gebindes umfasst.

#### 4.2.1.5 Nukleare Kritikalität

Innerhalb von Abfallgebinden darf unter keinen realistischerweise anzunehmenden Umständen ein Zustand der nuklearen Kritikalität eintreten.

#### 4.2.1.6 Chemische Reaktivität

Das Abfallgebinde darf keine Stoffe oder Stoffgemische in Mengen enthalten, welche unter realistischerweise anzunehmenden Umständen

- a. explosiv oder selbstentzündlich sind oder
- b. über chemische Reaktionen, etwa Korrosions- oder Gärprozesse mit Gasentwicklung, qualitätsbeeinträchtigend wirken und derart die Einhaltung der Abfallgebindingespezifikation gemäss Kap. 4.3.1 gefährden können.

#### 4.2.1.7 Wärmeentwicklung und -beständigkeit

Die Eigenschaften der Komponenten des Abfallgebundes dürfen durch interne Wärmelasten (Zerfallswärme, Abbinden der Matrix) nicht wesentlich verschlechtert werden.

#### 4.2.1.8 Strahlungsbeständigkeit

Die Komponenten des Abfallgebundes sind derart zu wählen, dass sie durch die interne Strahlenbelastung mindestens bis zur erfolgten geologischen Tiefenlagerung keine signifikanten Schäden erfahren.

#### 4.2.1.9 Brennbarkeit und organische Stoffe

Die Anteile brennbarer und organischer Stoffe im Abfallgebunde sind, auch im Hinblick auf die Sicherheit bei dessen geologischer Tiefenlagerung, zu minimieren.

#### 4.2.1.10 Beständigkeit gegen zerfallsbedingte Gasentwicklung

- a. Der Aufbau von Zerfalls-, Spalt- und Radiolysegasen darf die Qualität und Integrität des Abfallgebundes nicht beeinträchtigen.
- b. Bei Bedarf sind geeignete Gegenmassnahmen zu treffen (z. B. Beschränkung des Aktivitätgehalts im Abfallprodukt, Wahl optimaler Matrix- und Verpackungsmaterialien, Verzicht auf Füllmaterialien, Entlüftung).

#### 4.2.1.11 Beständigkeit gegen mikrobielle Angriffe

Die Komponenten des Abfallgebundes müssen gegen mikrobielle und mikrobiell induzierte Angriffe möglichst resistent sein.

#### 4.2.1.12 Mechanische Festigkeit

Die Abfallgebunde müssen eine mechanische Festigkeit aufweisen, welche Beschädigungen während der Entsorgung vorbeugt.

#### 4.2.1.13 Leerräume

Leerräume im Abfallgebunde, denen keine technische Funktion zukommt, sind möglichst klein zu halten.

## **4.2.2 Abfallprodukt**

### 4.2.2.1 Physikalische Form

- a. Gasförmige, flüssige sowie dispersible, feste radioaktive Abfälle sind unter möglichst homogener Verteilung in geeigneten Abfallmatrizen einzubetten.
- b. Die Anteile ungebundener Flüssigkeiten im Abfallprodukt sind, gegebenenfalls durch zusätzliche Massnahmen, zu minimieren.

### 4.2.2.2 Organische Stoffe

- a. Organische Abfälle sind nach Möglichkeit zu mineralisieren.
- b. Der Einsatz organischer Matrizen ist zu minimieren.

### 4.2.2.3 Richt- und Erfahrungswerte für Eigenschaften von Abfallmatrizen

- a. Die in Anhang 3 für die jeweiligen Matrixmaterialien genannten physikalisch-chemischen Eigenschaften (Parameter) müssen in geeigneter Weise erfasst werden.
- b. Die verwendeten Abfallmatrizen haben die als Richtwerte formulierten Parameter einzuhalten. Ist dies im Einzelfall nicht möglich, muss die Endlagerfähigkeit gesondert nachgewiesen werden.
- c. Die Einhaltung der Erfahrungswerte ist zu überprüfen (vgl. Erläuterungen im Anhang 4). Abweichungen von Erfahrungswerten sind zu begründen und erfordern unter Umständen ergänzende Nachweise.

## **4.2.3 Verpackung**

### 4.2.3.1 Handhabung

- a. Die Verpackung hat eine einfache und sichere Handhabung der Abfallgebinde zu gewährleisten.
- b. Soweit möglich sind standardisierte, in der Praxis bewährter Behälter zu verwenden.

### 4.2.3.2 Integrität

Behälter sind gegen korrosiven Angriff bei Transport und Zwischenlagerung auszuliegen.

#### 4.2.3.3 Gasentwicklung

Verpackungsmaterialien sollen bei ihrer Zersetzung unter Endlagerbedingungen eine möglichst geringe Gasentwicklung zeigen.

### 4.3 Dokumentation

- a. Die Dokumentation über das Abfallgebände ist vom Abfalleigentümer bis zum Erlöschen seiner Verantwortlichkeit gemäss Art. 31 Abs. 2 KEG sicher aufzubewahren.
- b. Sie ist zusätzlich der Organisation zu übergeben, welche anschliessend die Verantwortung für die Abfälle übernimmt.
- c. Im Weiteren ist sie den verantwortlichen Projektanden für die weiteren Entsorgungsschritte auf Anfrage zugänglich zu machen.

#### 4.3.1 Struktur und Inhalt

- a. Die Dokumentation eines Abfallgebändes umfasst die Spezifikation und eine individuelle Zusatzdokumentation (IZD).
- b. Die Spezifikation legt die technischen Rahmenbedingungen für die Herstellung und die Eigenschaften entsprechender Abfallgebände sowie Art und Umfang der Datenerhebung fest. Sie hat folgende Elemente zu umfassen:
  1. Beschreibung des Konditionierverfahrens
  2. Beschreibung des Abfallgebändetyps, mit Angabe und Rechtfertigung zugelassener Toleranzen
  3. Qualitätsmanagementprogramm
  4. Muster der individuellen ZusatzdokumentationDetailpunkte sind im Anhang 2 aufgeführt.
- c. Die IZD hat die effektiven gebindespezifischen Kenndaten zu enthalten, welche für die Rückverfolgbarkeit der Herstellung und für die weiteren Entsorgungsschritte notwendig sind. Sie kann ausserdem Befunde der Qualitätskontrolle enthalten.
- d. Falls es sich bei den zu dokumentierenden Gebänden um bereits konditionierte Altgebände oder um Einzelgebände handelt, ist eine Aufteilung der Angaben in eine Spezifikation und eine IZD nicht erforderlich. Alle Angaben gemäss Anhang 2 können dann in einer gesamthaften Gebändedokumentation zusammengefasst werden.

- e. Bei bereits konditionierten Altgebinden gemäss Bst. d. ist im Falle mehrerer gleichartiger Abfallgebände die Erstellung einer gemeinsamen Dokumentation mit gebindespezifischen Angaben zulässig.

### **4.3.2 Bestimmungsmethoden**

- a. Die Verfahren für die Bestimmung der in Anhang 3 und 4 aufgeführten und erläuterten Eigenschaften von Abfallmatrizen müssen vom ENSI anerkannt sein. Das ENSI gibt auf Anfrage entsprechende Referenzen und Anwendungsbereiche bekannt. Diese Referenzverfahren können nach Absprache mit dem ENSI durch andere erprobte Methoden vergleichbarer Aussagekraft ersetzt werden.
- b. Anstelle einer direkten experimentellen Bestimmung ist nach Absprache mit dem ENSI auch eine Ableitung aus anderen Quellen zulässig (z. B. indirekte Bestimmung, Literaturvergleich).
- c. Übernimmt die Verpackung nach Kap. 4.1.6 die gesamte Sicherheit des Abfallgebändes, muss vor der Einlagerung im Zwischenlager eine visuelle Kontrolle durchgeführt werden, deren Umfang mindestens die in Anhang 4 festgelegten Punkte umfasst.

## **4.4 Qualitätsmanagement**

### **4.4.1 QM-Programm**

- a. Durch ein Qualitätsmanagementprogramm (QM-Programm) ist sicherzustellen, dass die Eigenschaften typengeprüfter Abfallgebände innerhalb der spezifizierten Toleranzen liegen.
- b. Das QM-Programm hat mindestens folgende Elemente zu enthalten:
  1. Übersicht über qualitätssichernde Massnahmen
  2. Definition der Zuständigkeiten und Verantwortlichkeiten für qualitätsbezogene Tätigkeiten
  3. Darlegung und Rechtfertigung von Art und Umfang der Qualitätskontrolle
  4. Grenzwerte für Parameter der Qualitätskontrolle
  5. Darlegung von Massnahmen zur Nachbehandlung nicht-qualitätskonformer Abfallgebände
- c. Die Qualitätskontrolle nach Bst. b Ziff. 3 und 4 kann stichprobenweise oder kontinuierliche Kontrollen der Ausgangsmaterialien, der Prozessführung und



des Abfallgebindes und seiner Komponenten beinhalten. Hierzu sind sensitive, in Bezug auf die Zwischen- und Endlagerfähigkeit möglichst relevante Parameter auszuwählen. Beruht die Qualitätskontrolle auf Stichproben, ist vorgängig deren Repräsentativität nachzuweisen.

#### **4.4.2 Produktkontrolle**

- a. Für Abfallmatrizen ist grundsätzlich eine Produktkontrolle aufgrund mindestens eines geeigneten Parameters erforderlich. Solche Kontrollparameter müssen nicht notwendigerweise jenen Parametern entsprechen, deren Bestimmung zur Charakterisierung von Abfallmatrizen gemäss Anhang 3 gefordert sind.
- b. Ein Verzicht auf die Bestimmung von Kontrollparametern ist zulässig, wenn eine Kontrolle aus prozesstechnischen Randbedingungen oder aus Gründen des Strahlenschutzes unzumutbar ist. In solchen Fällen ist durch Vorversuche auf der vorgesehenen Produktionsanlage nachzuweisen, dass die Qualität der Abfallmatrix durch andere Kontrollmassnahmen hinreichend sichergestellt werden kann.
- c. Werden bei der Konditionierung keine Matrixmaterialien verwendet, sind im QM-Programm alternative Produktkontrollverfahren einzuplanen, die geeignet sind, qualitätsrelevante Parameter nach erfolgter Konditionierung zu bestimmen.

## **5 Genehmigung von Konditionierverfahren und Abfallgebindetypen**

### **5.1 Grundsätze**

#### **5.1.1 Gegenstand**

Durch das ENSI genehmigungspflichtig sind

- a. in Anlagen im Aufsichtsbereich des ENSI die Anwendung eines Konditionierverfahrens und die damit hergestellten Abfallgebindetypen und Einzelgebände sowie
- b. bei Konditionierungen in Anlagen ausserhalb des Aufsichtsbereichs des ENSI der Übertritt von teil- oder endkonditionierten Abfällen in den Aufsichtsbereich des ENSI.

### **5.1.2 Prüfumfang**

Im Rahmen der Genehmigungsverfahren nach Kap. 5.1.1 ist darzulegen, dass

- a. alle formalen Voraussetzungen für die Durchführung des Prozesses erfüllt sind,
- b. die resultierenden Abfallgebinde den technischen Anforderungen dieser Richtlinie genügen,
- c. Art und Umfang der Datenerfassung und des Qualitätsmanagements im Hinblick auf die weitere Entsorgung der Abfallgebinde ausreichen und
- d. bei Konditionierungen innerhalb des Aufsichtsbereichs des ENSI die Anforderungen in Bezug auf die Sicherheit des Prozesses erfüllt sind.

### **5.1.3 Genehmigungstypen**

Es bestehen zwei Formen der Genehmigung für die verfahrensgleiche Herstellung von Abfallgebinden einheitlicher Zusammensetzung:

- a. Typengenehmigungen als Normalfall für eine fortgesetzte, zeitlich nicht befristete Herstellung im Aufsichtsbereich des ENSI
- b. Einzelgenehmigungen in allen anderen Fällen

### **5.1.4 Teilkonditionierung**

Teilkonditionierverfahren unterliegen den Bestimmungen nach Kap. 5.1.1. bis 5.1.3.

## **5.2 Typengenehmigung**

- a. Bei neuen Konditionierungsverfahren oder bei Anwendung etablierter Verfahren auf Abfälle von wesentlich abweichenden Eigenschaften ist als Vorstufe zur Typengenehmigung eine Typenprüfung durchzuführen.
- b. Die Typenprüfung kann in Abstimmung mit dem ENSI entfallen, wenn durch Analogiebetrachtungen mit hinreichender Sicherheit die Erfüllung aller Anforderungen ohne vorangegangene Typenprüfung nachgewiesen werden kann.

### **5.2.1 Typenprüfung**

- a. Im Rahmen der Typenprüfung ist nachzuweisen, dass beim grossmassstäblichen Prozess die Anforderungen an die Konditionierung eingehalten werden. Die dabei gewonnenen Erkenntnisse sind bei der definitiven Spezifikation für den Abfallgebindetyp zu berücksichtigen.

- b. Im Rahmen der Typenprüfung ist ausserdem zu demonstrieren, dass
  - 1. die in Vorversuchen unter anderen Voraussetzungen (z. B. Labor-  
massstab, abweichende Zusammensetzung von Abfallmatrizen, modi-  
fizierter Prozessablauf) ermittelten Eigenschaften auf die industriell ge-  
fertigten Abfallgebände übertragbar sind und
  - 2. das vorgeschlagene QM-Programm qualitativ hinreichend und reali-  
sierbar ist.

### **5.2.2 Genehmigung zur Typenprüfung**

Mit dem Gesuch um eine Genehmigung zur Typenprüfung sind dem ENSI fol-  
gende Unterlagen einzureichen:

- a. Spezifikation gemäss Kap. 4.3.1
- b. Darlegung der Transport-, Zwischenlager- und Endlagerfähigkeit des Abfall-  
gebändetyps im Sinne von Kap. 4.2.1
- c. Programm der Typenprüfung
- d. bei Konditionierungen ausserhalb der Anlage des Gesuchstellers:  
  
Darlegung der Annahmebedingungen des Konditionierers, implizite oder ex-  
plizite Zustimmung des Konditionierers zur Anlieferung (kann auch durch  
Hinweis auf einen geltenden Vertrag nachgewiesen werden) und Aussage  
zum Verbleib von Sekundärabfällen
- e. Muster der vorgesehenen individuellen Zusatzdokumentation

### **5.2.3 Typengenehmigung**

- a. Mit dem Gesuch um eine Typengenehmigung sind dem ENSI folgende Unter-  
lagen einzureichen:
  - 1. Auswertung der Typenprüfung sofern eine solche durchgeführt wurde  
(vgl. Kap. 5.2.1)
  - 2. Spezifikation gemäss Kap. 4.3.1
  - 3. Darlegung der Transport-, Zwischenlager- und Endlagerfähigkeit des  
Abfallgebändetyps im Sinn von Kap. 4.2.1
  - 4. im Falle eines Verzichts auf die Genehmigung zur Typenprüfung:  
  
Unterlagen gemäss Kap. 5.2.2 Bst. d und e.
- b. Bei den Anforderungen gemäss Ziff. 2 und 3 genügt ein Verweis auf die unter  
Kap. 5.2.2 eingereichten Unterlagen, falls bei vorgängiger Typenprüfung  
keine Revisionserfordernis festgestellt worden ist.

## 5.3 Einzelgenehmigung

Mit dem Gesuch um eine Einzelgenehmigung sind dem ENSI folgende Unterlagen einzureichen:

- a. Spezifikation gemäss Kap. 4.3.1
- b. Darlegung der Transport-, Zwischenlager- und Endlagerfähigkeit der Abfallgebinde gemäss Kap. 4.2.1
- c. bei Konditionierungen ausserhalb der Anlage des Gesuchstellers:  
Darlegung der Annahmebedingungen des Konditionierers, implizite oder explizite Zustimmung des Konditionierers zur Anlieferung (kann auch durch Hinweis auf einen geltenden Vertrag nachgewiesen werden) und Aussage zum Verbleib von Sekundärabfällen
- d. bei Konditionierungen in Anlagen ausserhalb des Aufsichtsbereichs des ENSI:  
implizite oder explizite Zustimmung der zuständigen Aufsichtsbehörde
- e. bei bereits erzeugten Altgebinden die individuelle Zusatzdokumentation

## 5.4 Genehmigung zum Übertritt in den Aufsichtsbereich des ENSI

- a. Bei einem geplanten Übertritt von (teil-)konditionierten Abfällen in den Aufsichtsbereich des ENSI ist durch den Abfalleigentümer möglichst frühzeitig eine Prüfung einzuleiten.
- b. Im Rahmen dieser Prüfung ist vor dem Beginn der Konditionierung sicherzustellen, dass alle (möglicherweise auch irreversible) Behandlungsschritte im Hinblick auf die spätere Transport-, Zwischenlager- und Endlagerfähigkeit im Aufsichtsbereich des ENSI optimiert sind.
- c. Mit dem Gesuch um einen Übertritt von teil- oder endkonditionierten Abfällen in ihren Aufsichtsbereich sind dem ENSI folgende Unterlagen einzureichen:
  1. Dokumentation gemäss Kap. 4.3.1
  2. Darlegung der Transport-, Zwischenlager- und Endlagerfähigkeit der Abfallgebinde gemäss Kap. 4.2.1
- d. Auch bei einem wiederholten Übertritt mehrerer Chargen von Abfallgebinden gleicher Spezifikation ist stets eine aktuelle Genehmigung des ENSI einzuholen. In diesem Fall ist ein reduzierter Unterlagenumfang zulässig. Mit den Gesuchsunterlagen ist die Konformität der aktuellen Gebindecharge mit

einer bereits früher durch die Aufsichtsbehörde anerkannten Spezifikation nachzuweisen.

Diese Richtlinie wurde am 12. Februar 2007 von der HSK als Vorgängerorganisation des ENSI verabschiedet.

Der Direktor der HSK: sig. U. Schmocker



# Anhang 1: Begriffe (gemäss ENSI-Glossar)

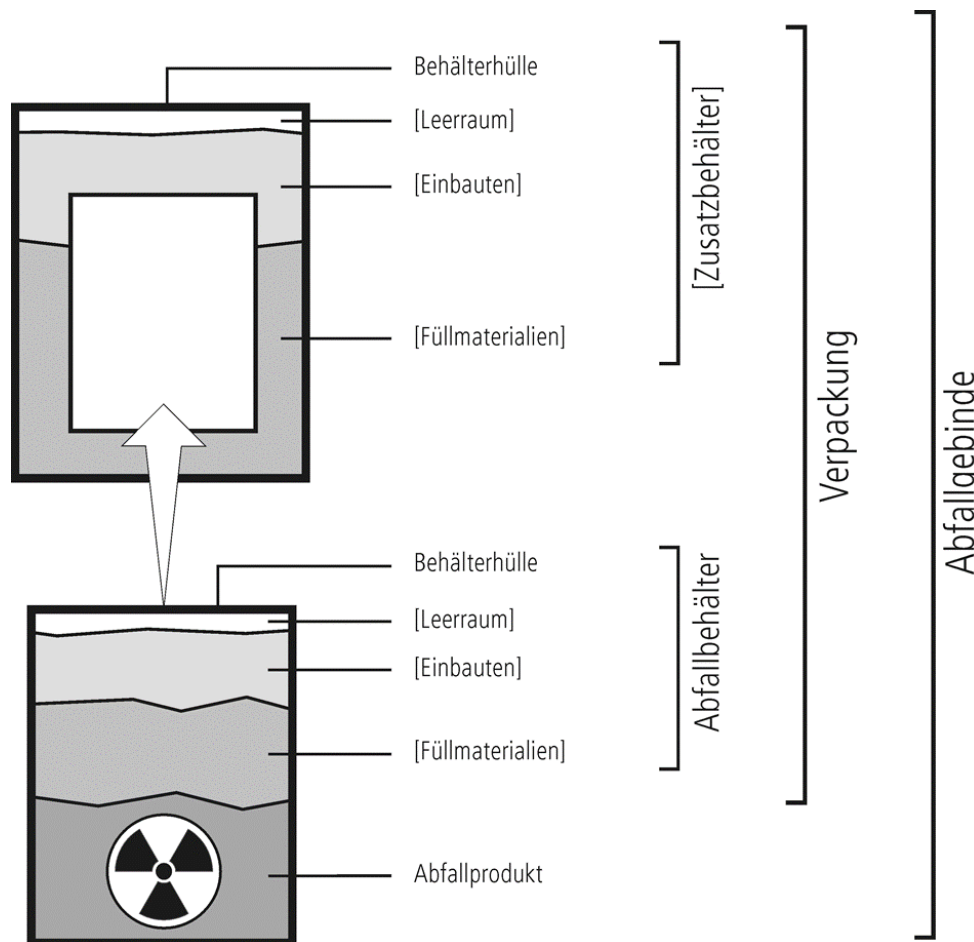
## Abfallbehandlungen

Eine Abfallbehandlung ist ein physikalischer und/oder chemischer Prozess, bei dem Geometrie und Form der radioaktiven Abfälle verändert werden, um ein geeignetes Abfallprodukt herzustellen. Sie kann bezwecken, die Verpackbarkeit der Abfälle zu erreichen (z. B. mechanische Zerlegung), inaktive und aktive Abfallbestandteile voneinander zu trennen (z. B. Dekontamination), den Volumenanteil zu verringern (z. B. Kompaktierung, Veraschung brennbarer Stoffe) und die Abfalleigenschaften in Bezug auf die Sicherheit bei Lagerung und Transport zu verbessern (z. B. Einbettung in geeignete Abfallmatrizen).

## Abfallgebinde

Das Abfallgebinde ist eine isoliert handhabbare Einheit (Fass, Container) mit radioaktiven Abfällen. Es setzt sich aus einem oder mehreren Abfallprodukten und der Verpackung zusammen.

Figur: schematischer Aufbau eines Abfallgebundes ohne Rücksicht auf realistische räumliche Anordnungen, [ ] = fakultative Komponenten



## **Abfallmatrix**

Eine Abfallmatrix ist ein spezielles Abfallprodukt aus der möglichst homogenen Einbettung dispergierbarer fester, flüssiger oder gasförmiger Stoffe in Form monolithartiger Festkörper unter Verwendung von Bindemitteln. An Abfallmatrizen werden in Abhängigkeit vom verwendeten Bindemittel spezielle Anforderungen gestellt.

## **Abfallprodukt**

Als Abfallprodukt werden radioaktive Abfälle einer festen physikalisch-chemischen Form bezeichnet, welche sich aufgrund der durchgeführten Abfallbehandlungen ergibt. Inaktive Stoffe (z. B. Bindemittel), welche im Verlauf von Abfallbehandlungen mit dem radioaktiven Abfall vermengt wurden, sind Bestandteil des Abfallprodukts.

## **Bindemittel**

In Bindemitteln werden dispergierbare feste oder flüssige Stoffe möglichst homogen verteilt, um eine Abfallmatrix zu erzeugen. Als Bindemittel werden beispielsweise Glas (kalzinierte hochaktive Spaltproduktlösungen aus der Wiederaufarbeitung), Zement, Bitumen und Kunststoffe (schwach- und mittelaktive Abfälle) verwendet.

## **Füllmaterialien**

Füllmaterialien dienen der Reduzierung von Hohlräumen in oder der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Abfallgebinden. Beispiele sind Sand oder Zementmörtel.

## **Verpackung**

Als Verpackung gelten alle weiteren Bestandteile des Abfallgebindes, soweit sie nicht zum Abfallprodukt gehören. Das Abfallgebinde kann schalenförmig aus mehreren Behältern aufgebaut sein. Ein Behälter kann wiederum mehrere kleinere Behälter umschliessen.

Eine Verpackung besteht mindestens aus einem Behälter (container) (z. B. 200-Liter-Stahlfass, Betoncontainer) und kann zusätzlich Einbauten, Füllmaterialien und Leerraum enthalten.

Als Einbauten werden Hilfsvorrichtungen bezeichnet, welche zur technischen Herstellung des Abfallgebindes benötigt werden (z. B. Einleitrohre für die Beschickung mit Füllmaterialien, Körbe zur geometrischen Fixierung von Abfällen).

Behälter, welche Abfallprodukte direkt umschliessen, werden als Abfallbehälter (waste canister, container, cask), übrige Behälter als Zusatzbehälter (overpack) bezeichnet.

Zusatzbehälter können beispielsweise zur Abschirmung der Strahlung, zur Ergänzung der Einschlussfunktion von Abfallbehältern oder zur vereinfachten Handhabung von Abfallgebinden eingesetzt werden.

## **Verpackungsmassnahmen**

Verpackungsmassnahmen sind Prozesse, bei denen die Verpackung radioaktiver Abfälle erstellt oder geändert wird.



Beispiele für Verpackungsmassnahmen sind: Abfüllen des Abfallprodukts in Abfallbehälter, Verfüllen von Hohlräumen zwischen Abfallbehältern und Zusatzbehältern, Anbringen von Abschirmbehältern.



## Anhang 2: Dokumentation von Abfallgebinden

Die nachfolgende Liste umreisst stichwortartig, welche Angaben die Dokumentation eines Abfallgebundes zu enthalten hat.

### a. Beschreibung des Konditionierverfahrens

Anlage	Standort
	Aufbau
	Betriebserfahrungen (Referenzen)
Methodik	Prozessführung
	Kontrollmöglichkeiten
Sekundärabfälle	Art(en)
	Konditionierung
Strahlenexposition <sup>1</sup>	Betriebspersonal (kollektiv und individuell)
	Individuen der Bevölkerung
Störfallauslegung <sup>1</sup>	anzunehmende Störfälle
	Massnahmen und Konsequenzen
	Restrisiken
Gebindeanfall	mutmassliche Produktionsrate
	mutmassliche Gesamtproduktion

### b. Beschreibung des Abfallgebundes

Aufbau	Schnittzeichnung
	Erläuterung
besondere Merkmale	Handhabungsvorrichtungen
	Be- und Entlüftungsvorrichtungen
	Stapelungsvorrichtungen
	Verschlussystem

<sup>1</sup> entfällt bei Konditionierung ausserhalb des ENSI-Aufsichtsbereichs

Gebindekennzeichnung	Informationsgehalt
	Kodierweise
	Anbringungsmethode
	Anbringungsort
	Dauerhaftigkeit
nominelle Kenndaten (nur bei Spezifikationen)	Aussenabmessungen <sup>2</sup>
	Gesamtvolumen <sup>2</sup>
	Gesamtmasse <sup>2</sup>
	mechanische Belastbarkeit (Stapelung)
	$\alpha$ -Totalaktivität <sup>2, 3</sup>
	$\beta/\gamma$ -Totalaktivität <sup>2, 3</sup>
	Nuklidinventar <sup>2, 3, 4</sup>
	Oberflächendosisleistungen <sup>2</sup>
	maximale Oberflächenkontamination
	Wärmeleistung <sup>2, 5</sup>
Abfallprodukt je Art	Art der Rohabfälle
	Art inaktiver Zusatzstoffe
	Mischverhältnisse <sup>2</sup>
	chemische Zusammensetzung <sup>2</sup>
	Masse je Abfallbehälter <sup>2</sup>
	Dichte <sup>2</sup>
	Homogenität
	Strahlenbeständigkeit
	Gasproduktion
	Parameter nach Anhang 3a (Abfallmatrizen)
	zusätzliche Angaben <sup>4</sup>

<sup>2</sup> Mittelwert und tolerierte Bandbreite

<sup>3</sup> exklusive Nuklide mit Halbwertszeiten unter 60 d

<sup>4</sup> Umfang mit ENSI und Endlagerorganisation abzusprechen

<sup>5</sup> entfällt bei schwachaktiven Abfällen

Rohabfälle je Art	Herkunft
	Vorbehandlung
	chemische Zusammensetzung
	spezifische Aktivitäten <sup>2, 3, 4</sup>
	Dichte
Behälter je Art	Material
	Abmessungen
	Volumen, Nutzvolumen
	Wandstärke
	Masse
	Korrosionsschutz
	Dichtheit
Füllmaterialien je Behälter	Material
	Dichte
	Masse
	Parameter nach Anhang 3b (Füllmaterialien)
Einbauten je Behälter	Struktur
	Material
	Dichte
	Masse
Leerraum je Behälter	Zweck
	Volumen
	Art der Gasfüllung

### c. QM-Programm

Konzept	
Qualitätskontrolle	Parameter
	Methodik <sup>6</sup>
	Rechtfertigung
	Grenzwerte
Nachbehandlungsmassnahmen	

### d. Individuelle Zusatzdokumentation (IZD)

Gebindetyp

Gebindeidentifikation

Datum der Herstellung

effektive Gesamtmasse

effektive Zusammensetzung des Abfallprodukts oder der Abfallprodukte

effektiver Aktivitätsinhalt<sup>3</sup> (tot.  $\alpha$  und  $\beta/\gamma$ , Nuklidinventar<sup>4</sup>, Referenzdatum)

effektive  $\gamma$ - und n-Oberflächendosisleistungen (Referenzdatum)

effektive Oberflächenkontamination (Referenzdatum)

effektive Wärmeleistung (Referenzdatum)<sup>5</sup>

Befunde der Qualitätskontrolle

Nachweise zur korrekten Herstellung und Verwendung der Verpackung, z. B. Fertigungszeugnis, Protokoll der Dichtheitsmessung, etc.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Bei chargenweiser Konditionierung können Produktkontrollparameter durch Stichproben innerhalb von Chargen bestimmt werden, vorausgesetzt, dass deren Einheitlichkeit gewährleistet ist.

<sup>7</sup> entsprechend den Festlegungen der AGT-Genehmigung; obligatorisch in Fällen, bei denen entsprechend Kap. 4.1.6 die Sicherheit des Gebindes massgeblich durch die Verpackung gewährleistet wird

# Anhang 3: Charakterisierung von Gebindekomponenten

## Teil A: Abfallmatrizen

Für die üblichen Arten von Abfallmatrizen sind im Rahmen der Spezifikation eines Abfallgebindetyps beziehungsweise der Dokumentation von Abfallgebinden mit Einzelgenehmigung die nachstehend aufgeführten Parameter anzugeben. Richt- und Erfahrungswerte sind in Kap. 4.2.2.3 definiert. Weitergehende Erläuterungen zu den Parametern und deren Bewertung sind Anhang 4 zu entnehmen.

Bei anderen Abfallmatrizen ist die Wahl der Parameter mit dem ENSI abzusprechen.

### 1. Zementmatrizen

- a. Druckfestigkeit: Richtwert minimal 10 MPa
- b. mittlere Auslaugraten über 150 d bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$  für Co-60 und Cs-137 (oder andere dominante Nuklide) in Deionat und gipsgesättigtem Wasser: Erfahrungswert unter  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/d}$
- c. Wasserbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund
- d. Sulfatbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund

### 2. Kunststoffmatrizen (Duroplaste)

- a. Druckfestigkeit
- b. Flamm- und Brennpunkt
- c. Zündpunkt
- d. mittlere Auslaugraten über 150 d bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$  für Co-60 und Cs-137 (oder andere dominante Nuklide) in Deionat und gipsgesättigtem Wasser: Erfahrungswert unter  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/d}$
- e. Wasserbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund
- f. Sulfatbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund

### 3. Bitumenmatrizen

- a. Flamm- und Brennpunkt
- b. Zündpunkt
- c. Viskosität

- d. mittlere Auslaugraten über 150 d bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$  für Co-60 und Cs-137 (oder andere dominante Nuklide) in Deionat und gipsgesättigtem Wasser: Erfahrungswert unter  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/d}$
- e. Wasserbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund
- f. Sulfatbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund.

#### **4. Schlackematrizen aus der Verbrennungs- und Schmelzanlage der Zwiilag**

- a. mittlere Auslaugraten über 150 d bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$  für Co-60 und Cs-137 (oder andere dominante Nuklide) in Deionat und gipsgesättigtem Wasser: Erfahrungswert unter  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/d}$
- b. Wasserbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund
- c. Sulfatbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund
- d. visuelle Kontrolle: Richtwert positiver Befund<sup>8</sup>

#### **5. Metallmatrizen aus der Verbrennungs- und Schmelzanlage der Zwiilag**

- a. mittlere Auslaugraten über 150 d bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$  für Co-60 und Cs-137 (oder andere dominante Nuklide) in Deionat und gipsgesättigtem Wasser: Erfahrungswert unter  $5 \cdot 10^{-6} \text{ m/d}$
- b. visuelle Kontrolle: Richtwert positiver Befund<sup>1</sup>

### **Teil B: Füllmaterialien**

Füllmaterialien sind derart auszuwählen, dass sie keine negativen Auswirkungen auf die Eigenschaften der Abfallprodukte und die Integrität der verwendeten Abfallbehälter haben. Für zementbasierte Füllmaterialien gelten die folgenden Anforderungen:

- a. Druckfestigkeit: Richtwert minimal 10 MPa
- b. Wasserbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund
- c. Sulfatbeständigkeit bei  $22 \pm 4^\circ \text{C}$ : Richtwert positiver Befund

---

<sup>8</sup> im Rahmen der Produktkontrolle zu erheben; Dokumentation in der IZD



## Anhang 4: Erläuterungen zu Parametern

Die zur Charakterisierung von Abfallmatrizen, -produkten und -behältern nach Anhang 3 eingeführten Parameter werden nachfolgend erläutert und die Voraussetzungen für die Einhaltung der Richt- und die Erreichung der Erfahrungswerte genannt.

Die Einhaltung der als Erfahrungswerte formulierten Parameter zeigt an, dass ein Verfahren dem Stand der Konditioniertechnik entsprechend korrekt durchgeführt worden ist.

### Druckfestigkeit

Die Druckfestigkeit bei nicht plastischen Matrizen weist auf eine einwandfreie Verarbeitung, ein ordnungsgemässes Abbinden des Zementmörtels und die Abwesenheit von Rissen hin. Übliche Bestimmungsmethoden beruhen zum Beispiel auf zerstörenden Prellhammer- oder auf Druckversuchen.

### Auslaugraten

Die Auslaugraten geben direkten und quantitativen Aufschluss über die Rückhalteeigenschaften der jeweiligen Matrix in Deionat und gipsgesättigtem Wasser. Sie werden in der Regel zusammen mit der Wasser- und Sulfatbeständigkeit bestimmt. Die Probekörper werden typischerweise durch Giessen in eine zylindrische Form hergestellt, im Fall des Zements auch durch Kernbohrungen. Vor Versuchsdurchführung ist eine ausreichend lange Aushärte-/Abbindezeit abzuwarten. Die numerischen Werte sind über einen Versuchszeitraum von 150 d zu mitteln und werden mit dem Erfahrungswert aus Anhang 3 verglichen. Überschreitet die integrale Auslaugung während des Versuchszeitraumes 30 % der Gesamtaktivität, ist die Auslaugrate auf den Zeitpunkt bis zur Erreichung der 30 % Grenze zu berechnen.

### Wasser- und Sulfatbeständigkeit

Die Wasser- und Sulfatbeständigkeit eines Materials wird über eine qualitative Bewertung des äusseren Erscheinungsbildes der Probekörper und über die Änderung von charakteristischen Eigenschaften von diesen nach Durchlaufen der Auslaugratenbestimmung nachgewiesen. Sie ist ein Mass für die dem Stand der Technik entsprechende Arbeitsweise bei der Herstellung der Abfallgebinde. Der Befund gilt als positiv, wenn

- a. keine auffälligen Verfärbungen oder Ablagerungen erkennbar sind,
- b. keine auffälligen Risse, Löcher oder sonstige Vertiefungen erkennbar sind,
- c. die Druckfestigkeit zementbasierter Materialien  $> 10$  MPa beträgt und
- d. die relative Änderung der äusseren Prüfkörperdimensionen  $< 2$  % oder die relative Änderung des Prüfkörpervolumens  $< 5$  % beträgt.

### Viskosität

Die Viskositätsmessung bei Bitumenmatrizen erfolgt zum Nachweis einer einwandfreien Arbeitsweise bei der Herstellung der Abfallmatrix. Die Bestimmung kann entweder direkt (z. B. Druckplattenviskosimetrie) oder indirekt (z. B. Nadelpenetration) erfolgen.

## **Flamm- und Brennpunkt**

Flamm- und Brennpunkt von Abfallmatrizen mit nennenswerten organischen Anteilen charakterisieren das Verhalten von Abfallmatrizen im Sinne der Kriterien „Wärmebeständigkeit, Brennbarkeit und organische Stoffe“ aus Kap. 4.2. Für diese Fälle werden a priori keine Richt- oder Erfahrungswerte angegeben. Das ENSI prüft die nach anerkannten Verfahren jeweils ermittelten Werte im Einzelfall auf Kompatibilität mit den sicherheitstechnischen Anforderungen, die sich aus dem gesamten Entsorgungskonzept ergeben.

## **Zündpunkt**

Die Zündpunktsbestimmung bei Abfallmatrizen mit nennenswerten organischen Anteilen gibt Aufschluss über die Selbstentzündbarkeit bei thermischer Belastung und, falls mittels einer Thermoanalyse durchgeführt, auch über die Wärmetönung der entsprechenden Zersetzungsreaktion. Bezüglich der einzuhaltenden Werte gelten dieselben Festlegungen wie für den Flamm- und Brennpunkt. Eine separate Bestimmung ist nicht erforderlich, wenn nachgewiesen wird, dass der Zündpunkt höher liegt als der Flammpunkt.

## **Visuelle Kontrolle**

Die visuelle Kontrolle ist kein quantitativ zu bewertendes Kriterium. Vielmehr dient sie der Erfassung von möglichen Abweichungen, die durch keinen anderen der oben genannten Parameter erfasst werden. Grundsätzlich bedeutet ein positiver Befund einer visuellen Kontrolle die vollständige Übereinstimmung mit einer Vorgabe.

Bei Kontrollen an Abfallmatrizen gemäss Anhang 3 Teil A Ziffern 4 und 5 gelten folgende Vorgaben:

- a. mechanische Unversehrtheit des Produktes
- b. keine Hinweise auf unvollständiges Aufschmelzen

Bei Kontrollen an Abfallgebinden nach Kap. 4.1.6 sind die Vorgaben:

- a. mechanische Unversehrtheit des Behälters einschliesslich allfälliger Lastanschlagpunkte
- b. korrekte Kennzeichnung
- c. ordnungsgemässe und intakte Beschichtung (wo vorgesehen)
- d. ordnungsgemässer Verschluss einschliesslich eventueller Be- und Entlüftungen

---

Herausgeber:  
Eidgenössisches  
Nuklearsicherheits-  
inspektorat ENSI  
CH-5201 Brugg

+41 (0)56 460 84 00  
info@ensi.ch  
www.ensi.ch

© ENSI  
August 2007  
(Änderung vom  
2. März 2023)

---

ENSI-B05

ENSI  
Industriestrasse 19  
5201 Brugg  
Schweiz

+41 56 460 84 00  
[info@ensi.ch](mailto:info@ensi.ch)  
[www.ensi.ch](http://www.ensi.ch)