

**Untersuchungen  
zur Sicherheit bei  
der Beförderung  
radioaktiver Stoffe**

Teil 4  
Ereignisse bei der  
Beförderung



## **Untersuchungen zur Sicherheit bei der Beförderung radioaktiver Stoffe**

Teil 4  
Ereignisse bei der  
Beförderung

Abschlussbericht zum  
Arbeitspaket 6

Florence-Nathalie Sentuc

September 2014

### **Anmerkung:**

Das diesem Bericht zugrunde liegende FE-Vorhaben 3611R03300 wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (BMUB) durchgeführt.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt beim Auftragnehmer.

Der Bericht gibt die Auffassung und Meinung des Auftragnehmers wieder und muss nicht mit der Meinung des Auftraggebers übereinstimmen.

## **Deskriptoren**

Beförderung radioaktiver Stoffe, Vorkommnisse, INES

## Zusammenfassung

Die Erfassung und Bewertung von Vorkommnissen beim Transport radioaktiver Stoffe und die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind ein wichtiges Instrument zur Beurteilung der Angemessenheit und Effektivität des Sicherheitskonzepts der internationalen Transportvorschriften und deren Fortentwicklung. Mit dem vorliegenden Untersuchungsbericht wird das Ergebnis einer systematischen verkehrsträgerübergreifenden Erfassung und Bewertung der Sicherheitsrelevanz von Vorkommnissen beim Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Verkehrswegen in Deutschland vorgestellt.

Auf der Grundlage der im Rahmen dieser Untersuchungen durchgeführten Datenerhebungen für den Zeitraum von 1995 bis 2013 wurden bundesweit insgesamt 670 Vorkommnisse unterschiedlicher Art und Schwere im Zusammenhang mit der Beförderung radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Verkehrswegen identifiziert und ausgewertet. Bei den erfassten Transportvorkommnissen handelt es sich überwiegend um eher geringfügige Regelverstöße gegen die Bestimmungen der Transportvorschriften (z. B. Fehler in der Dokumentation oder bei der Kennzeichnung von Versandstücken) sowie um unsachgemäße Handhabungs- und Betriebsabläufe (Handhabungsfehler mit Sachschäden) bei der Beförderung radioaktiver Stoffe.

Klassische Verkehrsunfälle und Brände auf dem Beförderungswege machen dagegen nur einen kleineren Anteil (ca. 3 %) der Transportvorkommnisse aus. Lediglich fünf der im Berichtszeitraum erfassten Transportvorkommnisse waren mit einer Aktivitätsfreisetzung in die Umgebung verbunden. In drei Fällen kam es vorkommnisbedingt zu begrenzten radiologischen Auswirkungen auf Personen; in einem weiteren Fall konnte eine Strahlenexposition oberhalb der geltenden Grenzwerte nicht ausgeschlossen werden. Die erfassten Transportvorkommnisse sind nach den beiden Bewertungsskalen der IAEA mehrheitlich Ereignisse von untergeordneter sicherheitstechnischer Bedeutung (EVTRAM: Stufe 0 und Stufe 1 bzw. INES: Stufe 0).

Die Untersuchungsergebnisse zeigen keine Hinweise auf grundlegende Defizite bei der Beförderung radioaktiver Stoffe im Untersuchungszeitraum; das Sicherheitsniveau ist demnach weiterhin als sehr hoch anzusehen. Es zeigt sich jedoch insbesondere ein Verbesserungspotenzial zur Vermeidung von recht häufig auftretenden administrativen Fehlern oder mangelnder Sorgfalt durch entsprechende Schulung, Weiterbildung etc. des involvierten Transportpersonals. Darüber hinaus wäre eine Harmonisierung und Zusammenführung der Vorkommnismeldungen weiterhin wünschenswert.



## **Abstract**

This report presents the results from a data collection and an evaluation of the safety significance of events in the transportation of radioactive material by all modes on public routes in Germany. Systems for reporting and evaluation of the safety significance of events encountered in the transport of radioactive material are a central element in monitoring and judging the adequacy and effectiveness of the transport regulations and their underlying safety philosophy, this allows for revision by experience feedback (lessons learned).

The nationwide survey performed covering the period from the mid 1990s through 2013 identified and analysed a total of 670 transport events varying in type and severity. The vast majority of recorded transport events relate to minor deviations from the provisions of the transport regulations (e.g. improper markings and error in transport documents) or inappropriate practices and operational procedures resulting in material damage of packages and equipment such as handling incidents.

Severe traffic accidents and fires represented only a small fraction (ca. 3 percent) of the recorded transport events. Four transport events were identified in the reporting period to have given rise to environmental radioactive releases. Three transport events have reportedly resulted in minor radiation exposures to the transport personnel; in one case an exposure in excess of the statutory annual dose limit for the public seems possible. Based on the EVTRAM scale, with seven significance levels, the broad majority of transport events has been classified as “non-incidents” (Level 0) and “events without affecting the safety functions of the package” (Level 1). On the INES scale most transport events would be classified as events with “no safety significance” (Below Scale/Level 0).

The survey results show no serious deficiencies in the transport of radioactive material, supporting the conclusion that a high level of safety and protection is ensured by the existing regulatory requirements. However, there is potential for improvement notably through avoiding common administrative deviations that could be rectified by training and qualification of the involved transport personnel. Otherwise, harmonising and consolidating of transport event reports would be a preferable future goal.





## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung und Aufgabenstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Informationsgrundlagen.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Bewertungsgrundlagen.....</b>	<b>9</b>
3.1	Die ehemalige IAEO-Datenbank zu Transportvorkommnissen EVTRAM .....	9
3.1.1	Datenerfassung und Auswertung.....	10
3.2	Bewertung von Transportvorkommnissen auf Basis von INES.....	12
<b>4</b>	<b>Erfassung und Auswertung von Transportvorkommnissen in Deutschland.....</b>	<b>19</b>
4.1	Erfassung der Vorkommnisse .....	19
4.2	Auswertungsergebnisse.....	20
4.3	Beispiele von Vorkommnissen aus der Aufsichtspraxis .....	31
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen und Ausblick .....</b>	<b>35</b>
<b>6</b>	<b>Literatur.....</b>	<b>39</b>



# 1 Einleitung und Aufgabenstellung

Radioaktive Stoffe sind im verkehrsrechtlichen Sinne Gefahrgüter der Klasse 7. Von ihnen können bei unsachgemäßer Handhabung und bei Transportunfällen Gefahren für die öffentliche Sicherheit und Ordnung ausgehen. Für die Beförderung gefährlicher Güter wurde daher ein internationales Regelwerk geschaffen, bei dessen Anwendung deren sicherer Transport grundsätzlich gewährleistet ist. Durch dieses international harmonisierte System von Vorschriften und Regelungen wurde in der Vergangenheit bei der Beförderung radioaktiver Stoffe weltweit ein hohes Sicherheitsniveau erreicht.

Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen dieses Vorhabens die Untersuchungen, die in dem Vorhaben SR 2415 /SCH 04/ begonnen wurden, mit dem Ziel einer verkehrsträgerübergreifenden Erfassung und sicherheitstechnischen Bewertung von Vorkommnissen beim Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Verkehrswegen weiter fortgeführt. Zur Bestimmung und Bewertung, ob und inwieweit sich bei der praktischen Umsetzung der Transportvorschriften Probleme oder Defizite mit Hinweisen auf Auswirkungen auf das bisher hohe Transportsicherheitsniveau zeigen, wurden im Vorhaben 3611R03300 im Rahmen des AP 6 daher die nachfolgend genannten Arbeitsschritte durchgeführt:

- Erfassung, Analyse und Dokumentation von Vorkommnissen bei der Beförderung radioaktiver Stoffe unter Berücksichtigung der relevanten (und verfügbaren) Melde- und Informationswege,
- Bewertung der Sicherheitsrelevanz der Vorkommnisse entsprechend den IAEO-Bewertungskriterien EVTRAM und INES.

Die Erfassung und Bewertung von Transportvorkommnissen in Deutschland erfolgte in Anlehnung an die Bewertungskriterien der von der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) initiierten Datenbank EVTRAM („Events in the Transport of Radioactive Material“), die inzwischen jedoch eingestellt wurde. Darüber hinaus erfolgte exemplarisch eine sicherheitstechnische Bewertung von Transportereignissen auf Basis von INES („International Nuclear and Radiological Event Scale“). Mit der 2008er-Ausgabe des INES-Handbuchs /IAEA 09/ steht eine im Anwendungsbereich erweiterte Bewertungsskala zur Einstufung von Ereignissen auch außerhalb von Kernkraftwerken zur Verfügung. Die betrifft insbesondere die Erfassung und Einstufung von Vorkommnissen beim Transport bzw. mit radioaktiven Strahlenquellen. Die Anwendung von INES in diesem erweiterten Anwendungsbereich ist allerdings nicht verpflichtend, wird von eini-

gen Staaten dennoch bereits praktiziert. Auch in Deutschland existieren derzeit konkrete Überlegungen, die Meldeverpflichtungen hinsichtlich INES auch auf Ereignisse außerhalb der Kerntechnik auszuweiten.

Die systematische Erfassung und Auswertung von Vorkommnissen und die daraus gewonnenen Erkenntnisse („lessons learned“) bieten für die involvierten Behörden sowie für die an der Beförderung beteiligten Unternehmen ein Instrument zur Analyse von möglichem Verbesserungspotenzial (z. B. Abbau von Regelungsdefiziten oder innerbetriebliche Optimierung von Prozess- und Betriebsabläufen). Im Rahmen dieses Vorhabens findet daher auch regelmäßig ein Erfahrungsaustausch mit Beförderern und anderen Transportbeteiligten u. a. durch die Teilnahme an den Sitzungen des Arbeitskreises Beförderung (AKB) des Fachverbandes für Strahlenschutz (FS) statt.

In den folgenden Kapiteln werden die verfügbaren Informationen und Informationsquellen, die Ergebnisse der Auswertung der Transportvorkommnisse bis zum Jahr 2013 sowie die daraus gezogenen Schlussfolgerungen vorgestellt.

## 2 Informationsgrundlagen

Die für die vorliegende Untersuchung verfügbaren Informationen über Transportvorkommnisse stützen sich im Wesentlichen auf Angaben zu meldepflichtigen Ereignissen der jeweils zuständigen Genehmigungs- und Aufsichtsbehörden. Die Meldepflichten sowie die Zuständigkeiten der Bundes- und Landesbehörden bei der Beförderung radioaktiver Stoffe ergeben sich im Einzelnen aus den entsprechenden atom- und gefahrgutrechtlichen Vorschriften.

Die Zuständigkeit für Genehmigungen zur Beförderung von Kernbrennstoffen und Großquellen auf öffentlichen oder der Öffentlichkeit zugänglichen Verkehrswegen liegt gemäß § 23 des Atomgesetzes (AtG) /ATG 13/ beim BfS. Die Zuständigkeit für die Beförderung von sonstigen radioaktiven Stoffen liegt dagegen nach § 24 AtG bei den Landesbehörden bzw. – bei der Beförderung im Schienenverkehr durch bundeseigene Eisenbahnen – beim Eisenbahn-Bundesamt (EBA). Welche Landesbehörden im Einzelnen zuständig sind, richtet sich nach dem jeweiligen Landesrecht.

Die Melde- und Anzeigepflichten für besondere Vorkommnisse im Anwendungsbereich des Atomgesetzes und der Strahlenschutzverordnung sind in § 51 der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) /STR 13/ festgelegt. Diese Pflichten werden in einem Schreiben des BMU an die obersten Landesbehörden zur Berichterstattung über besondere Vorkommnisse /BMU 02//BMU 02/ weiter konkretisiert und sind daher auch für die Beförderung anzuwenden.

Nach § 51 StrlSchV ist der Eintritt einer radiologischen Notstandssituation, eines Unfalls, eines Störfalls oder eines sonstigen sicherheitstechnisch bedeutsamen Ereignisses bei Umgang, Anwendung oder Beförderung von radioaktiven Stoffen der atomrechtlichen Aufsichtsbehörde und, falls dies erforderlich ist, auch der für die öffentliche Sicherheit oder Ordnung zuständigen Behörde sowie den für den Katastrophenschutz zuständigen Behörden unverzüglich mitzuteilen. Als besondere Vorkommnisse bei Umgang, Anwendung, Beförderung etc. von radioaktiven Stoffen im Sinne des § 51 StrlSchV sind gemäß /BMU 02/ insbesondere Ereignisse anzusehen, bei denen Personen, Sachgüter oder die Umwelt gefährdet oder geschädigt werden oder die geeignet sind, Personen, Sachgüter oder die Umwelt zu schädigen. Es ist jedoch zu beachten, dass Vorkommnisse im öffentlichen Verkehrsraum beim Umgang, der Anwendung oder Beförderung von Gebrauchsgütern, die geringe Mengen radioaktiver Stoffe enthalten, durch diese Berichts- und Anzeigepflicht im Allgemeinen nicht erfasst werden.

Weiterhin enthalten die verkehrsträgerspezifischen nationalen und internationalen Gefahrgutvorschriften (z. B. ADR /ADR 13/, RID /OTIF 13/, ADN /ADN 13/, ICAO-TI /ICAO 12/ etc.) entsprechende Melde- und Berichtspflichten für sicherheitsrelevante Vorkommnisse mit Gefahrgütern.

Die entsprechenden Meldepflichten und -verfahren ergeben sich beispielsweise für die Verkehrsträger Straße, Schiene sowie Binnenschifffahrt aus Unterabschnitt 1.7.6 ADR (Nichteinhaltung) und dem Unterabschnitt 1.8.5 ADR, RID bzw. ADN (Meldungen von Ereignissen mit gefährlichen Gütern), für den Luftverkehr aus Abschnitt 4.4 der ICAO-TI und für Transportunfälle bei der Beförderung (einschl. Be- und Entladen) gefährlicher Güter mit Seeschiffen aus § 4 Abs. 8 der Gefahrgutverordnung See (GGV-See, /GSEE 14/).

Bei einem Transportvorkommnis (schwerer Unfall oder Zwischenfall) auf dem Land-, Luft- und Binnenschifffahrtsweg ist z. B. vom Beförderer oder seinem Beauftragten ein Bericht auf einem international abgestimmten Formblatt bei der jeweils zuständigen Behörde einzureichen. Nach den Bestimmungen dieser Vorschriften hat ein Schienen- oder Straßenbeförderer insbesondere sicherzustellen, dass der zuständigen Behörde, dem EBA bzw. dem Bundesamt für Güterverkehr (BAG), ein Vorkommnisbericht gemäß dem in Unterabschnitt 1.8.5.4 ADR bzw. RID vorgeschriebenen Muster vorgelegt wird. Entsprechendes gilt auch für den Luftverkehr; hierbei ist an das Luftfahrt-Bundesamt (LBA) als zuständige Behörde im Ereignisfall innerhalb von 72 Stunden ein erster Bericht abzusenden (JAR-OPS 1.1225: Meldeverfahren bei Gefahrgutunfällen und –zwischenfällen /JAR 08/).

Die nach dem Gefahrgutrecht zuständigen Bundesämter leiten die Ereignisberichte an das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) als oberste Bundesbehörde zur Auswertung weiter. Diese Auswertung ist als Informationsgrundlage in der Regel nicht zugänglich. Hierbei ist jedoch anzumerken, dass Ereignismeldungen z. B. nach Abschnitt 1.7.6 ADR (Nichteinhaltung) nach derzeitigem Stand bei den zuständigen (Länder-)Behörden verbleiben und nicht an das BMVI bzw. BAG für eine weitere Auswertung weitergeleitet werden. Die für den Strahlenschutz zuständigen Behörden der Bundesländer übermitteln die Ihnen beim Vollzug der StrlSchV bzw. RöV gemeldeten besonderen Vorkommnisse an das BMU. Diese besonderen Vorkommnisse werden vom BMU im Jahresbericht „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ (z. B. /BMU 09/) regelmäßig veröffentlicht. Ein genereller Informationsaustausch zwischen den zuständigen Behörden über besondere Vorkommnisse findet lediglich alle

zwei Jahre im Rahmen des „Informationsaustausch zur verkehrsrechtlichen Aufsicht beim der Beförderung radioaktiver Stoffe“ statt (zuletzt im März 2013).

Aufgrund der Bedeutung von Transportvorkommnissen für die Sicherheitsbewertung und zur Verbesserung der Kommunikation über die aus solchen Untersuchungen ableitbaren Erkenntnisse auf nationaler und internationaler Ebene wurden die aus den letzten Jahren verfügbaren Informationen über transportrelevante Vorkommnisse mit radioaktiven Stoffen in Deutschland zusammengestellt und ausgewertet. Die Erfassung und Auswertung erstreckt sich nicht auf Vorkommnisse beim Transport radioaktiver Stoffe im militärischen Bereich, auf Beförderungsabläufe und damit verbundene Vorkommnisse innerhalb von kerntechnischen Anlagen sowie auf Gebrauchsgüter, die geringe Mengen radioaktiver Stoffe enthalten, nach deren Abgabe an den Endverbraucher, da diese nicht in den Geltungsbereich der Vorschriften fallen.

Die vorangehenden Ausführungen und die Zusammenstellung der unterschiedlichen Meldepflichten und jeweiligen Zuständigkeiten (vgl. Tab. 2.1) machen allerdings deutlich, dass eine konsistente und einheitlich strukturierte Informationsgrundlage für eine systematische Erfassung von Vorkommnissen beim Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Verkehrswegen für alle Verkehrsträger nach wie vor nur beschränkt verfügbar ist. Weiterhin sind der Detaillierungsgrad der einzelnen Informationsquellen sowie deren Verfügbarkeit und Vollständigkeit sehr uneinheitlich und demzufolge kann eine umfassende sicherheitsrelevante Bewertung solcher Vorkommnisse derzeit nur mit Einschränkungen realisiert werden.

Unterschiede bei den Meldepflichten, Zuständigkeiten und auch in der Meldepraxis für Transportvorkommnisse erschweren die Zusammenstellung von Informationen und die Bewertung des Sicherheitsniveaus. Während beispielsweise im Bereich des Luftverkehrs auch Verstöße gegen die Dokumentationspflichten oder unbedeutende Verpackungsschäden dem LBA gemeldet werden (siehe Abschnitte 4.5 bzw. 2.5 ICAO-TI), ist die Meldeschwelle für Ereignisse gemäß § 51 StrlSchV höher (Vorkommnis, das geeignet ist Personen, Sachgüter oder die Umwelt zu gefährden oder zu schädigen), so dass solche weniger sicherheitsrelevanten Vorkommnisse in der vorliegenden Auswertung nicht erfasst werden. Dies gilt auch für Ereignismeldungen bei der Beförderung auf der Straße gemäß 1.8.5 ADR (vgl. Tab. 2.2), die im Gegensatz zu Meldungen nach § 51 StrlSchV derzeit nicht in die Untersuchungen einbezogen werden konnten. Ein meldepflichtiges Ereignis nach ADR 1.8.5.1 liegt vor, wenn gefährliche Güter ausgetreten sind oder die unmittelbare Gefahr des Austretens bestand, ein Personen-,

Sach- oder Umweltschaden eingetreten ist oder Behörden beteiligt waren und bestimmte Kriterien erfüllt sind.

In der Praxis werden jedoch auch für diesen Transportsektor weniger relevante – d. h. nach ADR nicht meldepflichtige – Ereignisse dem BAG gemeldet. Aber gerade auch die Erfassung und Auswertung solcher sicherheitstechnisch unbedeutenderen Vorkommnisse kann im Sinne des Erfahrungsrückflusses zur Verbesserung der Sicherheit bei der Beförderung radioaktiver Stoffe beitragen. Dies zeigt auch das Vorgehen in anderen Ländern (vgl. Kapitel 5) oder auch die Empfehlungen der IAEO in Bezug auf die Vorkommnisdatenbank EVTRAM (siehe Abschnitt 3.1).

Die in unterschiedlicher Form und Detaillierungsgrad verfügbaren Ereignisdaten umfassen im Einzelnen folgende Informationsquellen:

- Jahresberichte des Eisenbahn-Bundesamtes (EBA) von 1995 – 2012; teilweise mit tabellarischer Kurzbeschreibung besonderer Vorkommnisse,
- tabellarische Zusammenstellung des Luftfahrt-Bundesamtes (LBA) von Ereignissen mit Gefahrgütern der Klasse 7 für die Jahre 2000 bis 2008 sowie 2012 und 2013,
- Jahresberichte „Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung“ bzw. Parlamentsberichte des BMU für den Zeitraum von 1998 – 2012,
- diverse formlose Einzelberichte verschiedener Herkunft einschließlich ausgewählter Vorkommnismeldungen von Aufsichts- und Genehmigungsbehörden.

Aus der obigen Auflistung wird ersichtlich, dass die Datenverfügbarkeit für die Jahre 2009 bis 2013 leider begrenzt ist. Weiterhin waren die Daten des Bundesamtes für Güterverkehr über Vorkommnisse im Straßenverkehr (u. a. Meldungen nach 1.8.5 ADR) im Rahmen dieses Vorhabens bisher nicht zugänglich. Darüber hinaus sind Meldungen zu Vorkommnissen im Schiffsverkehr bisher nur vereinzelt vorhanden.



**Tab. 2.1** Zusammenfassende Darstellung der Meldepflichten im Zusammenhang mit der Beförderung radioaktiver Stoffe

<b>Meldevorschrift</b>	<b>Meldepflichtiges Ereignis</b>	<b>zuständige Behörde</b>
<b>Gefahrgutrecht</b>		
1.7.6 ADR /ADR 13/	Nichteinhaltung von Grenzwerten der jeweiligen Bestimmungen für die Dosisleistung oder die Kontamination	nach Landesrecht zuständige Behörde (§ 27 Absatz 2 GGVSEB)
1.7.6 RID /OTIF 13/		EBA (nach § 15 Abs. (1) 2. GGVSEB /GGV 13/)
1.7.6 ADN /ADN 13/		Wasser- und Schifffahrtsämter für Bundeswasserstraßen bzw. die jeweilige nach Landesrecht zuständige Behörde (nach § 16 Abs. (7) 5. GGVSEB )
IMDG-Code 1.5.6 /IMO 12/		nach Landesrecht zuständige Behörden bzw. nach Bundesrecht zuständige Strom- und Schifffahrtspolizeibehörden (nach § 4 Abs. 8 GGVSee)
1.8.5 ADR	Meldung von Ereignissen mit gefährlichen Gütern	BAG (nach § 14 Abs. 1 GGVSEB)
1.8.5 RID		EBA (nach § 15 Abs. (1) 5. GGVSEB)
1.8.5 ADN		Zentralstelle Schiffsuntersuchungskommission/Schiffseichamt (nach § 27 Abs. 1 GGVSEB)
IMDG-Code 1.1.2.1 (SOLAS, Regel 6)	Meldung von Ereignissen mit gefährlichen Gütern (Zwischenfall mit Gefahrgut über Bord)	nächstgelegener Küstenstaat
IMDG-Code 7.3.4.6	Meldung bei Schäden an radioaktiven Versandstücken während der Liegezeit im Hafen	Hafenbehörde
ICAO-TI 4.4 /ICAO 12/	Meldung von Unfällen oder Zwischenfällen mit Gefahrgütern	LBA (§ 5b LuftVO)
<b>Atomrecht</b>		
§ 51 StrlSchV /STR 13/	Meldung von besonderen Vorkommnissen	atomrechtliche Aufsichtsbehörden (nach § 19 AtG für Beförderungen nach § 16 StrlSchV) bzw. EBA (gemäß § 24 Abs. 1 AtG)

**Tab. 2.2** Meldekriterien nach /ADR 13/

ADR 2013
<p>1.8.5 Meldungen von Ereignissen mit gefährlichen Gütern</p> <p>1.8.5.1 Ereignet sich beim Beladen, beim Befüllen, bei der Beförderung oder beim Entladen gefährlicher Güter auf dem Gebiet einer Vertragspartei ein schwerer Unfall oder Zwischenfall, so hat der Verlader, Befüller, Beförderer oder Empfänger sicherzustellen, dass der zuständigen Behörde der betreffenden Vertragspartei <u>spätestens einen Monat nach dem Ereignis</u> ein Bericht gemäß dem in Unterabschnitt 1.8.5.4 vorgeschriebenen Muster vorgelegt wird.</p>
<p>1.7.6 Nichteinhaltung</p> <p>1.7.6.1 Bei Nichteinhaltung irgendeines Grenzwertes des ADR für die Dosisleistung oder die Kontamination...(c) muss die Mitteilung über die Nichteinhaltung an den Absender und an die zuständige(n) Behörde(n) sobald wie möglich und, wenn sich eine Notfallexpositionssituation entwickelt hat oder entwickelt, sofort erfolgen.</p>

### **3           Bewertungsgrundlagen**

#### **3.1           Die ehemalige IAEO-Datenbank zu Transportvorkommnissen EVTRAM**

Auf Empfehlung der SAGSTRAM<sup>1</sup>-Sitzung im November 1987 wurden von der IAEO mehrere Datenbanken initiiert,

- um die Mitgliedstaaten mit Informationen zur Bewertung der Effektivität ihres Regelwerkes zu versorgen,
- die Umsetzung der IAEO-Standards zur Beförderung radioaktiver Stoffe zu unterstützen und
- um Daten zu sammeln, die in Hinblick auf eine mögliche Besorgnis der Öffentlichkeit, mögliche zukünftige Revisionen des Regelwerks und für Risikoanalysen geeignet sind.

Die Datenbank EVTRAM wurde ursprünglich zur Erfassung von Vorkommnissen und Unfällen bei der Beförderung radioaktiver Stoffe eingerichtet. In /IAEA 97/ wurde der für den Zeitraum 1984–1993 von den Mitgliedstaaten gemeldete Datenbestand ausgewertet. Dort wurde vor allem der eher geringe Datenfluss bemängelt, der eine Verallgemeinerung der Auswertungen oder ein Ableiten von zeitlichen Trends unmöglich machte. Als Ergebnis eines Expertentreffens („Consultant Meeting“) im Jahr 2002 /IAEA 02/ wurde schließlich 2003 das Online-System EVTRAM-Reporter /AMC 05/ zur Vereinfachung der Datenbereitstellung eingeführt, das die Situation aber nicht signifikant verbessert hat. Auf die in /IAEA 07/ formulierten Empfehlungen zur Überarbeitung von EVTRAM mit dem Ziel einer erhöhten Nutzung der Datenbank wurden in /IAEA 08/ u. a. Vorschläge zur Reduktion des Erhebungsumfangs und zur Implementierung der Datenbank im Internet gemacht. Dort wurde auch vorgeschlagen, die Nutzbarkeit von EVTRAM für Risikoanalysen zu verbessern und Platz für die Formulierung von Erfahrungen aus Vorkommnissen („lessons learned“) zu schaffen.

Bei dem „Technical Meeting to Review Databases related to the Safe Transport of Radioactive Material“ im September 2008 in Wien wurde EVTRAM in der Diskussion

---

<sup>1</sup> Standing Advisory Group on Safe Transportation of Radioactive Material

überwiegend als sinnvolle Datenbank bezeichnet, die weitergeführt werden sollte. Im Zusammenhang mit der Diskussion des erforderlichen Abfrageumfangs in EVTRAM gab es Stimmen, nicht nur den Abfrageumfang pro Vorkommnis gemäß /IAEA 08/ zu reduzieren sondern auch nur solche Vorkommnisse zu erfassen, bei denen es beispielsweise nach ADR/RID eine Meldepflicht gibt. Es wurde von anderer Seite aber auch der Nutzen betont, der beispielsweise von der Erfassung von Beinahe-Unfällen ausgeht. Eine ergänzende Aufnahme der INES-Skala als zusätzliche Bewertungsskala bei Transportvorkommnissen gemäß den Vorgaben im revidierten INES-Handbuch /IAEA 09/ wurde nur kurz diskutiert und zurückgestellt. Um den Nutzen und die Nutzung der Datenbank zu erhöhen, wurde neben einer Verbesserung der Internetpräsenz von EVTRAM eine regelmäßige Auswertung der Datenbank in Verbindung mit Nutzertreffen als wichtige Maßnahmen angesehen. Aufgrund der Ergebnisse der nachfolgenden Beratungen der TRANSCC wurde die EVTRAM-Datenbank jedoch seit 2009 von der IAEA mehr weiterverfolgt. Stattdessen sollten neue Konzepte für die Sammlung relevanter Daten u. a. zu Vorkommnissen erarbeitet werden. Das NEWS-System (vgl. Abschnitt 3.2) ist derzeit die einzige Datenbank der IAEA für Transportereignisse. Aus Kontinuitätsgründen wird die Bewertungsmethodik von EVTRAM im Rahmen dieses Vorhabens weiter beibehalten.

### **3.1.1 Datenerfassung und Auswertung**

Anzeigewürdige Vorkommnisse („reportable events“) sind solche Ereignisse, die sich zwischen der Bereitstellung eines radioaktiven Versandgutes durch den Versender bzw. Übergang der Verantwortlichkeit auf den Beförderer und dem Zeitpunkt der Übergabe an den Empfänger ereignen, wie z. B. folgende:

- Transport- und Handhabungsunfälle mit Versandstücken (außer freigestellte Versandstücke), die radioaktives Material enthalten, oder Unfälle, die das Transportmittel (Straßenfahrzeug, Schiff, Flugzeug) betreffen, unabhängig davon, ob ein merklicher Schaden am Versandstück aufgetreten ist
- Vorkommnisse, bei denen eine Verletzung von Transportbestimmungen erfolgte, wie z. B.
  - Sendungen mit Verstößen gegen technisch-administrative Bestimmungen der Transportvorschriften wie fehlerhafte oder fehlende Dokumentation, unautorisierten Empfängern, Überschreitung von Dosisleistungs- oder Kontaminationsgrenzwerten etc.

- fehlerhafte Verpackung oder Kennzeichnung
  - ungeeigneter, verlorener oder freigesetzter radioaktiver Inhalt
  - Abhanden gekommene, nicht ausgelieferte oder fehlgeleitete Sendungen mit radioaktiven Stoffen
- Fund von Versandstücken in der Öffentlichkeit
  - Böswillige Handlungen/Unterlassungen, Einwirkungen Dritter (Sabotage)

Die Eingabe in die Datenbank erfolgte bisher in zwei Abschnitten und umfasste: 1. Ereignisbezogene Daten und 2. Daten zum inkriminierten Versandstück. Im bisherigen Eingabeprogramm selbst wurden die Eingaben in Maskenform angefordert und die Optionen in Pull-down-Menüs bereitgestellt.

Die wesentlichen Deskriptoren des EVTRAM-Systems sind:

Ereignisbezogene Daten:

- Angaben zu Transportroute, Transportmittel und Versandgut
- Radiologische ereignisbedingte Auswirkungen, Personenschäden
- Art und Umfang der erforderlichen Notfallschutz- und Nachsorgemaßnahmen
- Details zum Vorkommnis/Ereignisablauf: Transportphase, Art des Vorkommnisses, Ursache, Bewertung der sicherheitstechnischen Bedeutung (in Anlehnung an INES)
- Umgebungsbedingungen am Unfallort (nur im Falle einer Aktivitätsfreisetzung)

Versandstückbezogene Daten:

- Angaben zum Versandstück: Bauart, Zulassungs-Nummer, Masse, Material, Transportkennzahl (TI), Kritikalitätssicherheitskennzahl (CSI), Belastungsart/Schaden
- Angaben zum Versandstückinhalt: Stoffeigenschaften, in besonderer Form, spaltbarer Stoff, physikalische Form, chemische Form, klassifiziertes Material (LSA/SCO), Anreicherungsgrad (bei Uran), Hauptisotope, Gesamtaktivität, Gesamtmasse, Gesamtvolumen des radioaktiven Inhalts
- Angaben zu abhanden gekommenem Material (falls zutreffend)

Die Bewertung der sicherheitstechnischen Relevanz von Transportvorkommnissen innerhalb des Datenerfassungssystems EVTRAM erfolgt in Anlehnung an die internationale Bewertungsskala für bedeutsame Ereignisse mit radioaktiven Stoffen INES auf einer siebenstufigen Skala (vgl. Abb. 3.1). Im Eingabesystem wurde zusätzlich eine unterste Bewertungsstufe „0“ für sogenannte „non-incidents“ („false alarms, minor violations“) zur Verfügung gestellt.

LEVEL	DESCRIPTION	CRITERIA
7	Major accident	Event resulting in major radiological releases (more than 3 orders of magnitude above the maximum Type A content), or in chemical releases involving many fatalities
6	Severe accident	Event resulting in large radiological releases (up to 3 orders of magnitude above the maximum Type A content), or in a maximum radiation dose largely above 50mSv, or in chemical releases involving some fatal consequences
5	Accident with significant consequences	Event resulting in significant radiological releases (order of magnitude above the maximum Type A content), or in a maximum radiation dose of the order of 50mSv, or in important (but non-fatal) chemical releases
4	Accident with appreciable consequences	Event resulting in limited radiological releases (less than the maximum Type A content), or in a maximum radiation dose within the range of 5 to 50 mSv, or in appreciable chemical releases
3	Accident with limited consequences	Event resulting in very small radiological releases (fraction of the maximum Type A content), or in a maximum radiation dose less than 5 mSv, or in limited chemical releases
2	Incident with complications	Event involving no release but affecting the safety functions of the package and/or requiring extensive recovery/remedial measures, or a lost package(s)
1	Incident	Event resulting in some disruption of normal transport conditions but without affecting the safety functions of the package

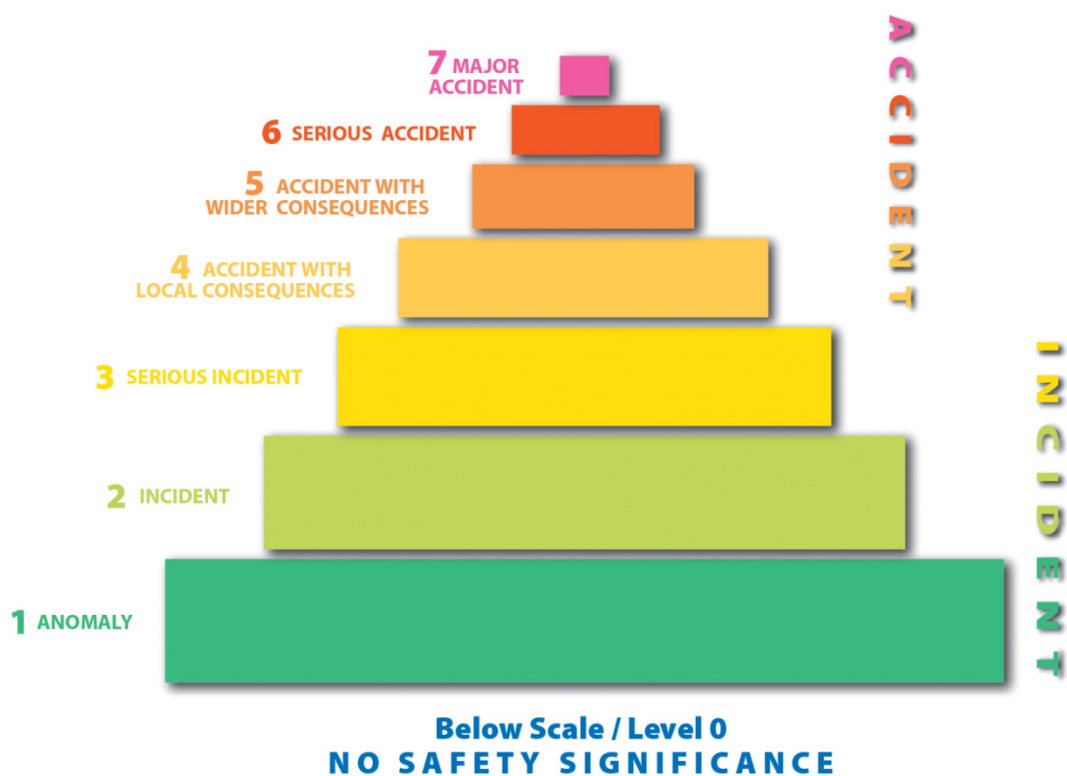
**Abb. 3.1** Bewertungsskala für Transportvorkommnisse nach dem IAEA-Datenerfassungssystem EVTRAM

### 3.2 Bewertung von Transportvorkommnissen auf Basis von INES

INES ist eine internationale Bewertungsskala der IAEA für Ereignisse, Störfälle und Unfälle im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen oder ionisierender Strahlung. Sie wurde von einer internationalen Expertengruppe erarbeitet, die gemeinsam von der IAEA und der Nuclear Energy Agency (NEA) der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD) einberufen wurde. Anfang der neunziger Jahre wurde INES erstmals probeweise für Ereignisse in kerntechnischen Anlagen und insbesondere in Kernkraftwerken angewendet. Ziel dieser Bewertungsskala ist es, der Öffentlichkeit eine rasche Information über die sicherheitstechnische Bedeutung und

Schwere von Störfällen anhand einer nachvollziehbaren Einstufung zu liefern und damit eine Verständigung zwischen Fachwelt, Medien und Öffentlichkeit zu ermöglichen.

Die Bewertungsskala hatte ursprünglich sieben Signifikanzstufen. Später wurde das Bewertungssystem um eine Stufe 0 („deviations“ oder aktuell: „below scale“) für Ereignisse ohne sicherheitstechnische Bedeutung erweitert. Die verschiedenen Stufen lassen sich in einer Pyramide darstellen (siehe Abb. 3.2) mit Stufe 1 für Störungen („anomaly“), Stufe 2–3 für Störfälle („incidents“) und Stufe 4–7 für Unfälle („accidents“).



**Abb. 3.2** Systematik der internationalen Bewertungsskala INES

Mit der Herausgabe der 2001er Version des *Handbuchs zur Anwendung der INES-Skala / IAEA 01/* wurde der Anwendungsbereich grundsätzlich auch auf Ereignisse außerhalb kerntechnischer Anlagen ausgedehnt. Die Anleitung für die Einstufung von Ereignissen blieb zunächst weitestgehend anlagenspezifisch, jedoch wurde hier Handlungsbedarf für weitere Erläuterungen für die Anwendung der Bewertungsskala auf Vorkommnisse außerhalb von kerntechnischen Anlagen gesehen. Im Jahr 2004 startete mit einem speziellen INES-Leitfaden („Rating of Transport and Radiation Source Events – Additional Guidance for the INES National Officers“) die Pilotphase für die Er-

fassung und Einstufung von Vorkommnissen beim Transport bzw. mit radioaktiven Strahlenquellen. Die überarbeitete Fassung dieses Leitfadens aus dem Jahr 2006 mit spezifischen Einstufungsbeispielen für den neuen Anwendungsbereich /IAEA 06/ ist in die Ausgabe des INES-Handbuchs von 2008 integriert worden /IAEA 09/, so dass nun ein Dokument für sämtliche Ereignisse im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen und ionisierender Strahlung vorliegt. Ausgenommen sind derzeit noch Vorkommnisse im Zusammenhang mit der medizinischen Anwendung ionisierender Strahlen (z. B. Fehlbestrahlung von Patienten), jedoch gibt es Überlegungen, diese Art von Ereignissen ebenfalls zu integrieren.

Zur Beurteilung der Sicherheitsrelevanz oder der radiologischen Bedeutung eines Ereignisses werden gemäß INES-Handbuch (2008) die folgenden drei relevanten Bereiche betrachtet:

- 1) Auswirkung auf Mensch und Umwelt  
in Form von Strahlenexpositionen von Personen oder einer Aktivitätsfreisetzung (vorher "off-site impact")
- 2) Beeinträchtigung radiologischer Barrieren und Überwachungsmaßnahmen in Anlagen und Einrichtungen  
als Indikator für die Schwere des Ereignisses innerhalb der Anlage (vorher "on-site impact") und die potenziellen radiologischen Auswirkungen auf die Bevölkerung; dieser Aspekt ist nicht anwendbar auf Transportereignisse
- 3) Beeinträchtigung der Sicherheitsvorkehrungen "defence in depth"  
betrachtet das Versagen von (einzelnen) Sicherheitsvorkehrungen und die potenziellen Folgen beim Versagen sämtlicher Sicherheitsvorkehrungen

Die Einstufung anhand des ersten Hauptaspektes erfolgt für Transportereignisse, d. h. für sämtliche Ereignisse im Zusammenhang mit der Verwendung, der Aufbewahrung oder dem Transport von radioaktiven Stoffen, im Wesentlichen auf Basis der ermittelten Strahlenexpositionen des Personals und/oder der Bevölkerung. Für kleinere Aktivitätsfreisetzungen in die Umgebung werden dazu potenzielle Strahlenexpositionen für möglicherweise betroffene Personen bestimmt und für die Einstufung verwendet (bis Stufe 4, auch abhängig von der Anzahl der betroffenen Personen). Bei größeren Aktivitätsfreisetzungen erfolgt die Einstufung durch Vergleich mit einer radiologisch äquivalenten Aktivitätsmenge nach dem D-Wert-Konzept. Der D-Wert bezeichnet eine Aktivi-



tätsmenge, oberhalb derer eine radioaktive Strahlenquelle als „gefährlich“ erachtet wird und ein Potenzial für schwerwiegende deterministische Schäden besteht, wenn die Quelle nicht sicher gehandhabt wird (siehe /IAEA 05/). Dabei wird unterschieden, ob die Quelle unkontrolliert ist und es zur Freisetzung von radioaktivem Inhalt kommt oder nicht:

- $D_2$ : unkontrolliert und freigesetzt (Radiotoxizität entscheidend)
- $D_1$ : unkontrolliert, aber nicht freigesetzt (z. B. umschlossener Strahler, Direktstrahlung entscheidend)

Der D-Wert ist der restriktivere der beiden Werte. Die verwendete Definition für atmosphärische Freisetzung bei Transportereignissen basiert auf dem  $D_2$ -Wert.

Für Vorkommnisse beim Transport von radioaktiven Stoffen kann aufgrund der begrenzten involvierten Aktivitätsmengen ein Überschreiten der Stufe 5 nach dem Aspekt Auswirkung auf Mensch und Umwelt im Allgemeinen ausgeschlossen werden. Eine Einstufung aufgrund der Strahlenexposition einer Einzelperson der Bevölkerung erfolgt z. B. in die INES Stufe 1 erst, wenn durch dieses Ereignis der im betroffenen Staat maßgebliche jährliche Dosisgrenzwert (wie z. B. für die effektive Dosis einer Einzelperson der Bevölkerung) überschritten wird.

Neben dem Kriterium der Strahlenexpositionen von Einzelpersonen ist daher in der Regel die Anwendung des „defence-in-depth“-Prinzips (kurz: DID) für die Einstufung von Transportereignissen anhand von INES entscheidend. Maßgeblich ist dabei das Aktivitätsinventar des betroffenen Versandstücks zur Bestimmung der maximalen potenziellen radiologischen Konsequenzen eines Ereignisses. Verwendet wird hierzu eine Kategorisierung anhand des Verhältnisses zwischen der Aktivität  $A$  des involvierten Isotops und dem D-Wert. Die maximalen potenziellen Auswirkungen sind demnach nicht spezifisch für einen Ereignistyp sondern abhängig von Art und Menge des involvierten radioaktiven Materials, d. h. sie sind allein abhängig von der Quellkategorie ( $A/D$  Verhältnis, vgl. Tab. 3.1).

Das INES-Handbuch (2008) enthält umfangreiche Tabellen mit Ereignisbeschreibungen und Beispielen für die Einstufung von Vorkommnissen während des Transports oder im Zusammenhang mit radioaktiven Strahlenquellen, Tab. 3.2 gibt nur einige Beispiele davon wieder. Gegenüber dem ursprünglichen Leitfaden von 2004 bzw. 2006 haben sich in Bezug auf die Einstufung von Transportereignissen meist nur geringfügi-

ge Änderungen ergeben, die vor allem dem Ziel einer möglichst klaren und eindeutigen Anleitung zur Einstufung, die bei Wahlmöglichkeit entsprechend Hilfestellung bietet, Rechnung trägt. Im Wesentlichen steht das radiologische Gefährdungspotenzial bei der Bewertung noch stärker im Vordergrund, so dass z. B. bei einem fehlgeleiteten Versandstück im aktuellen Handbuch berücksichtigt wird, ob der Empfänger entsprechende Strahlenschutzmaßnahmen (auch nur teilweise) ergreifen kann. Eine entscheidende Änderung ist jedoch die konsequente Anwendung des D-Wert-Konzeptes für die Beurteilung der Gefährlichkeit einer Strahlenquelle oder eines Versandstücks im Hinblick auf die radiologischen Konsequenzen. Hier ist beispielsweise der Wegfall der hilfswisen Verwendung des – in den Transportvorschriften /IAEA 12/ verankerten – A<sub>2</sub>-Wertes bei Nichtvorhandensein des D-Wertes im aktuellen Handbuch /IAEA 09/ gegenüber /IAEA 06/ zu erwähnen. Hier hat sich insgesamt der im Zusammenhang mit der Kategorisierung von Strahlenquellen geläufige D-Wert durchgesetzt.

Voraussetzung für die Anwendbarkeit der INES-Skala zur Einstufung von Transportereignissen ist daher die Kenntnis der folgenden Ereignisdetails:

- Art und Aktivität der involvierten radioaktiven Stoffe
- Art und Zustand der Transportverpackung und des radioaktiven Inhalts
- radiologische Konsequenzen und Anzahl evtl. betroffener Personen (Personal und/oder Bevölkerung)
- Angaben über ggf. erforderliche Notfall- oder getroffene Abhilfemaßnahmen und sonstige Umstände

Die Meldung von Ereignissen durch den nationalen INES-Beauftragten ist wie im Bereich kerntechnischer Anlagen auch für Transportereignisse vorgesehen, wenn

- die Einstufung des Ereignisses Stufe 2 oder höher beträgt oder
- ein Ereignis von internationalem öffentlichen Interesse ist.

Die Weitergabe der Informationen über die Sicherheitsrelevanz des Ereignisses zur Kommunikation mit der Öffentlichkeit soll dabei möglichst zeitnah erfolgen, sie ist jedoch für Transportvorkommnisse nicht verpflichtend. Die „Philosophie“ und der primäre Zweck der beiden Bewertungsskalen EVTRAM und INES sind demnach unterschiedlich ausgerichtet (vgl. Tab. 3.3).

**Tab. 3.1** Bestimmung der maximalen potenziellen radiologischen Konsequenzen („defence in depth“-Einstufung, DID) von Transportvorkommnissen anhand der Kategorie der involvierten radioaktiven Stoffe

A/D	Quellkategorie	Maximale potenzielle Konsequenzen	Maximale INES-Einstufung nach dem DID-Prinzip
≥ 1000	1	5 <sup>a</sup>	3
≥ 10 – 1000	2	4	2
≥ 1 – 10	3	3	2
≥ 0.01 – 1	4	2	1

<sup>a</sup> Selbst bei sehr unwahrscheinlichen Unfällen ist es physikalisch nicht möglich, dass die Auswirkungen höhere Stufen der INES Skala erreichen (logarithmische Skala)

**Tab. 3.2** Beispiele für die INES-Einstufung von Transportereignissen nach dem „defence in depth“-Kriterium anhand der involvierten Aktivitätsmenge (bzw. Quellkategorie)

Vorkommnis/Ereignis	Kat. 4	Kat. 3/2	Kat. 1
zeitweiliger Verlust eines intakten Versandstücks	1	1	1
Auffinden eines Versandstücks	1	1 / 2	2 / 3
Verlust/Diebstahl eines Versandstücks	1	2	3
Auffinden einer Transportverpackung mit unzureichender oder fehlender Abschirmung mit Möglichkeit einer Exposition	1	1 / 2	2 / 3
schwerwiegende administrative Versäumnisse (z.B. Verstoß gegen die Auflagen der Genehmigung)	1	1	1
weniger bedeutsame administrative Versäumnisse (z.B. Fehler in den Transportdokumenten oder bei der Markierung)	0 / 1	0 / 1	0 / 1
radioaktive Stoffe in einem vermeintlich leeren Versandstück	1	1 / 2	1 / 2 / 3

**Tab. 3.3** Kurze Gegenüberstellung der unterschiedlichen Philosophien der beiden Bewertungsskalen

EVTRAM	INES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• gesammelte Daten und deren Auswertung sind in erster Linie für die Fortentwicklung der Sicherheitsvorschriften und die damit befassten Organisationen und zuständigen Behörden bestimmt</li> <li>• Überprüfung der Angemessenheit und Effizienz der Transportvorschriften</li> <li>• zentrale Auswertung soll Erfahrungsrückfluss ermöglichen</li> <li>• daneben sollen die Daten auch der Information der besorgten Öffentlichkeit dienen und für Transportrisikolanalysen zur Verfügung stehen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dient der Information der Öffentlichkeit über bedeutsame Ereignisse im Zusammenhang mit radioaktiven Stoffen</li> <li>• ähnlich der Richter-Skala für Erdbeben soll die Einstufung dieser Art von Vorkommnissen einheitlich und nachvollziehbar sein</li> <li>• Informationen sollen weitgehend öffentlich zugänglich sein</li> </ul>

## **4 Erfassung und Auswertung von Transportvorkommnissen in Deutschland**

### **4.1 Erfassung der Vorkommnisse**

Die verfügbaren Informationen über Transportvorkommnisse in Deutschland beruhen auf den oben und im Abschlussbericht /SEN 12/ erläuterten Daten und Unterlagen. Diese Informationen werden in Fortführung der Arbeiten im Rahmen der Vorhaben SR2415 und 3607R02600 in einer dafür entwickelten Excel-Datei erfasst und ausgewertet. Dies gestattet eine flexible Durchführung statistischer Auswertungen und Analysen.

Die Detailangaben einzelner Informationsquellen sind sehr unterschiedlich und im Vergleich zum Informationsbedarf für EVTRAM sehr beschränkt. Trotzdem wird versucht, bei der Strukturierung der Informationsinhalte der Excel-Tabelle zur Erfassung der Daten die Gesamtheit der vorhandenen Informationen abzubilden. Dazu wurden auch wesentliche Deskriptoren der EVTRAM übernommen. So folgen insbesondere die Klassifizierung der Transportvorkommnisse und die Beschreibung der Ereignisursachen weitgehend der EVTRAM-Terminologie. Der Umfang der erfassten Merkmale wird jedoch entsprechend des zur Verfügung stehenden Detaillierungsgrades angepasst und beschränkt sich entsprechend auf wesentliche Informationen, wie z. B. Datum, Ort und Kurzbeschreibung des Ereignisses, Angaben zur Freisetzung, aufgetretene Kontaminationen oder dem involvierten radioaktiven Stoff.

Soweit es die Primärdaten erlauben, werden für jede verfügbare Ereignismeldung Angaben zu den einzelnen Merkmalen gemacht. Dabei ist allerdings oft ein gewisser Ermessensspielraum gegeben. Dies gilt z. B. für die Einstufung oder Bewertung der sicherheitstechnischen Bedeutung von Transportereignissen. Nach Einstufung der erfassten Vorkommnisse anhand der EVTRAM-Skala wird für Ereignisse ab der EVTRAM-Stufe 2 exemplarisch auch eine Einstufung nach dem INES-Handbuch /IAEA 09/ vorgenommen.

Aufgrund der eingeschränkten Datenlage können die Ergebnisse ab dem Jahr 2009 nach wie vor nur als vorläufig betrachtet werden. Des Weiteren wurde eine die Beförderung radioaktiver Stoffe berührende, wichtige Gruppe von Ereignissen außer Betracht gelassen. Diese dominiert in den letzten Jahren weiterhin die Zahl der Trans-

portvorkommnisse: Das gehäufte Auftreten radioaktiver oder kontaminierter Stoffe in Metallschrott-Lieferungen (meist aus dem Ausland) auf Schrottplätzen und Recyclingzentren sowie der Fund und die illegale Verbringung herrenloser Strahlenquellen („orphan sources“). Bei derartigen Ereignissen ist zwar ggf. durch das Gefährdungspotenzial eine sicherheitstechnische Relevanz hinsichtlich des Transportes gegeben, jedoch bringen diese Ereignisse keinen Erkenntniszuwachs bzgl. der transportspezifischen Zielsetzungen dieses Vorhabens, da sie kaum vermeidbar sind und nur durch erhöhte Aufmerksamkeit und Überwachung (z. B. durch Eingangsportale) aufgedeckt werden können.

## **4.2 Auswertungsergebnisse**

Die der vorliegenden Auswertung zugrunde liegenden Vorkommnisse beim Transport radioaktiver Stoffe auf öffentlichen Verkehrswegen sind in Tab. 4.1 in zusammenfassender Form wiedergegeben. Im hier betrachteten Zeitraum von Mitte der 90er Jahre bis 2013 wurden insgesamt 670 Transportereignisse mit radioaktiven Stoffen identifiziert und erfasst, die sich auf die einzelnen Verkehrsträger entsprechend den Angaben der Tab. 4.1 aufteilen. Die Ende der 90er Jahre bekannt gewordenen Vorkommnisse mit grenzwertüberschreitender Oberflächenkontamination auf Brennelement-Transportbehältern sind in der Aufstellung nicht enthalten, da derartige Verstöße nach der damaligen Vorschriftenlage weder melde- noch anzeigepflichtig waren (siehe hierzu die entsprechende gutachterliche Stellungnahme /LAN 98/).

Die für die einzelnen Verkehrsträger angegebene, stark unterschiedliche Anzahl gemeldeter Transportvorkommnisse resultiert überwiegend aus den unterschiedlichen verkehrsträgerspezifischen Melde- und Anzeigepflichten für Transportvorkommnisse und der ihnen zugrunde liegenden Meldekriterien sowie den unterschiedlich entwickelten Meldepraktiken bei den einzelnen Verkehrsträgern. So werden beispielsweise aufgrund der verkehrsträgerspezifischen Transportvorschriften und Meldepraktiken der Luftverkehrsgesellschaften üblicherweise auch sicherheitstechnisch weniger bedeutsame Verstöße wie z. B. fehlerhafte Kennzeichnungen erfasst und gemeldet (vgl. 4.5 ICAO-TI: „Reporting of undeclared or misdeclared dangerous goods“). Die für andere Verkehrsträger relevanten Meldepraktiken und -kriterien wie diejenigen für den Straßenverkehr konzentrieren sich dagegen auf sicherheitstechnisch bedeutsamere Vorkommnisse wie Stör- und Unfallsituationen mit erheblichen Sach- und/oder Personenschäden und sonstige Regelverletzungen.

Eine Aufschlüsselung der insgesamt erfassten transportspezifischen Vorkommnisse nach der Art des gemeldeten Ereignisses zeigt Abb. 4.1 und umfasst insgesamt sieben verschiedene Ereignistypen:

- Verstöße gegen technisch-administrative Bestimmungen bzw. Auflagen der Beförderungsgenehmigung, auch bei der Vorbereitung der Versandstücke
- Handhabungsfehler mit der Folge von Sachschäden an Versandstücken oder der Transportausrüstung
- Verkehrsunfälle (mit Sach- und/oder Personenschaden)
- Sabotage
- Diebstahl
- Brand
- Sonstiges

Aus Abb. 4.1 wird ersichtlich, dass nur ein relativ geringer Anteil der insgesamt 670 Vorkommnisse beim Transport radioaktiver Stoffe auf klassische Verkehrsunfälle mit Sach- und/oder Personenschäden zurückzuführen ist. Von den registrierten 19 Verkehrsunfällen ereigneten sich 18 Unfälle beim Straßentransport und einer als Schiffszusammenstoß auf einer Binnenwasserstraße. Lediglich zwei Fälle der erfassten Vorkommnisse beim Transport radioaktiver Stoffe war auf Brandeinwirkung zurückzuführen (Reifenbrand eines LKW mit radiopharmazeutischen Produkten, Brand eines Kleintransporters wobei die Versandstücke mit einem Ersatzfahrzeug weitertransportiert wurden).

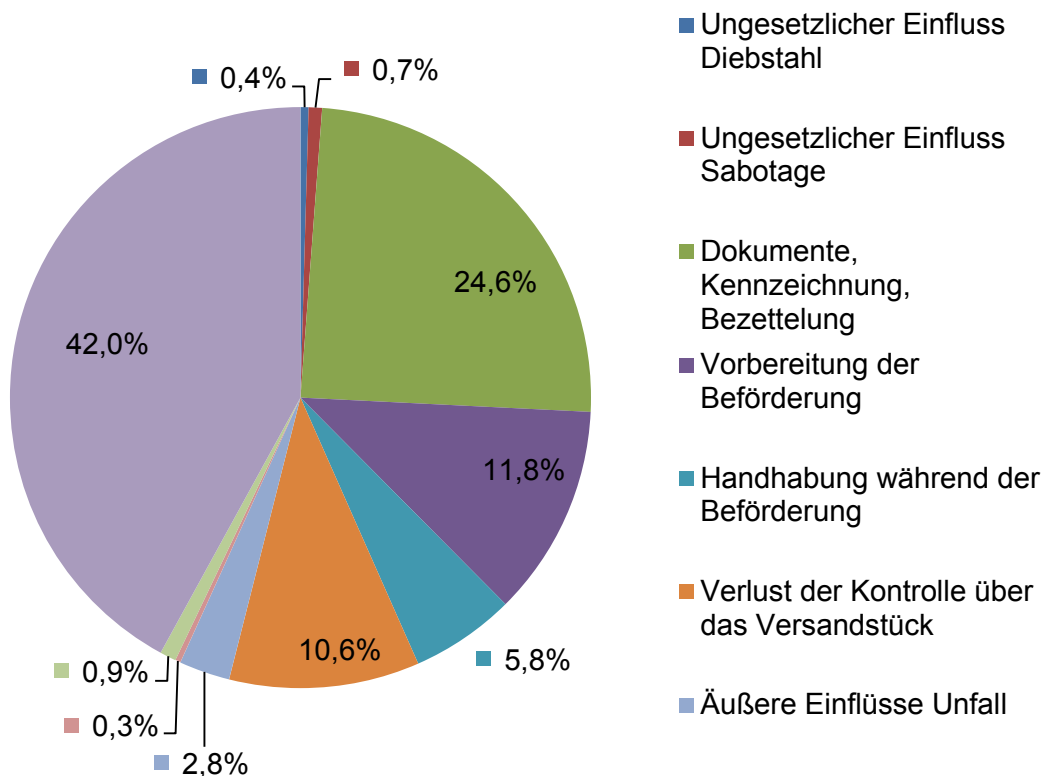
Bei der Beförderung auf der Schiene zeigt sich lt. den Berichten des EBA für die Klasse 7 eine sehr geringe Mängelquote. Sie lag beispielsweise im Jahr 2012 bei 1,10 % (5 festgestellte Verstöße bei insgesamt 451 Wagenladungen). Dies ist größtenteils auf die große Sorgfalt der beteiligten Unternehmen auch bei der Transportvorbereitung zurückzuführen. Der Anteil der auf der Schiene beförderten Sendungen mit radioaktiven Stoffen ist jedoch vergleichsweise gering und lag in den letzten Jahren zwischen ca. 350 und 450 Wagenladungen (im Jahr 2012: 135 Transporte, 451 Wagenladungen). Dagegen ist die Kontrollquote im Bereich der Gefahrgut Klasse 7 hoch (im Jahr 2012: 43,9 %, vgl. /EBA 13/). Bezogen auf die 198 überprüften Wagenladungen ergibt sich eine Beanstandungsquote von 2,5 %. Bei Gefahrgutkontrollen außerhalb der Klasse 7

lag die Beanstandungsquote im Vergleich dazu bei 5,8 % (806 Beanstandungen bei 13904 Kontrollen mit 923 festgestellten Mängeln). Die höhere Anzahl der Mängel gegenüber den beanstandeten Transportobjekten ergibt sich dadurch, dass an einem Transportobjekt teilweise mehrere Mängel festgestellt wurden. Der Hauptteil der kontrollierten Beförderungsmittel liegt mit einem Anteil von ca. 85 % bei Kesselwagen und Druckgaskesselwagen. Die überwiegende Anzahl der festgestellten Mängel stellten keinen (Gefahrenkategorie GK III) oder einen weniger schwerwiegenden Verstoß (GK II) gegen die Gefahrgutvorschriften dar. Verstöße der GK I (schwerwiegender Verstoß) wurden insgesamt 60 festgestellt.



**Tab. 4.1** Aufteilung der erfassten Transportvorkommnisse nach Verkehrsträgern und Kalenderjahr

Verkehrsträger	≤1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	Gesamt
Straße	k.A.	k.A.	k.A.	5	3	8	3	3	3	k.A.	k.A.	7	5	3	1	2	2	1	k.A.	46
Schiene	9	3	3	6	4	0	0	0	1	*	1	9	3	5	2	4	2	5	1	58
Luft	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	46	17	56	118	97	28	24	33	38	*)	*)	1	34	51	543
Wasser <sup>1)</sup>	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	1	1	k.A.	1	1	k.A.	k.A.	k.A.	k.A.	2	k.A.	k.A.	6
Ohne Angabe <sup>2)</sup>							5	1		3	1	1	1		1	2	1	1		17
Gesamt	9	3	3	11	7	54	27	61	123	100	31	42	42	46	4	8	6	41	52	670
<sup>1</sup> See- und Binnenschiffahrtsstraßen <sup>2</sup> bei diesen Vorkommnismeldungen lagen keine eindeutigen Angaben zum Verkehrsträger vor * für diese Jahre liegen keine Meldungen für diesen Verkehrsträger vor																				



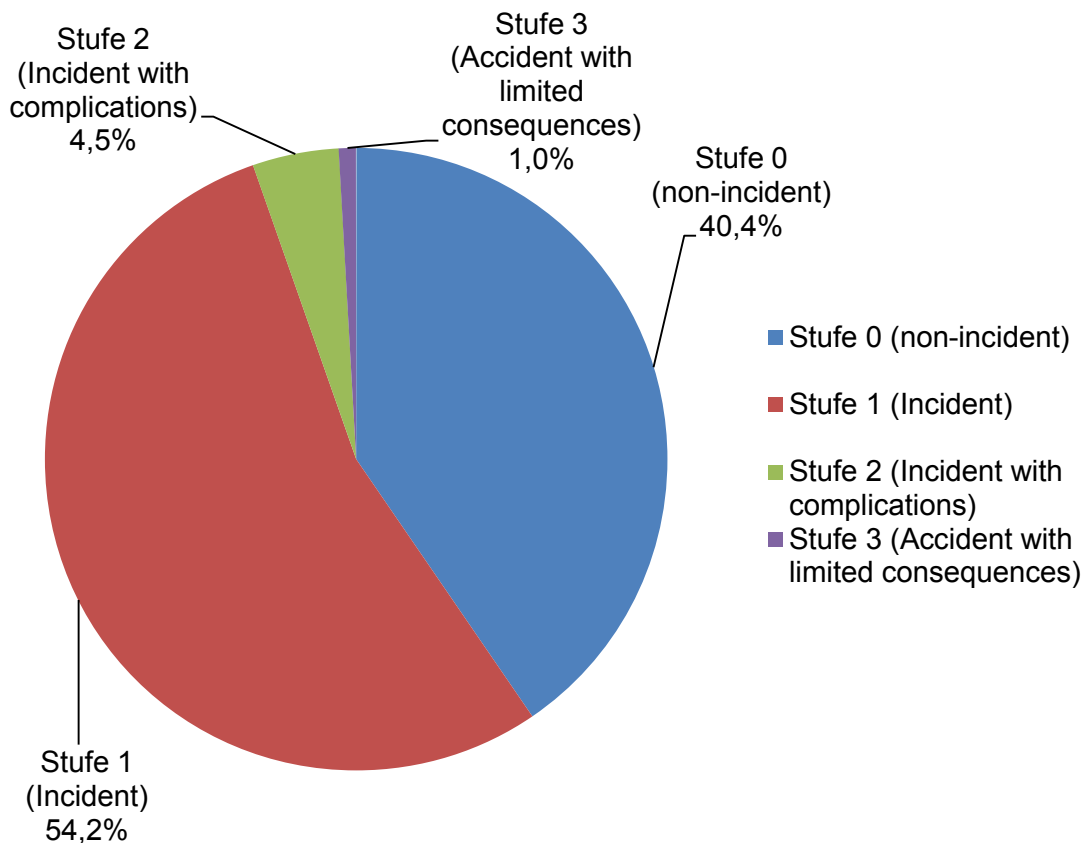
**Abb. 4.1** Transportvorkommnisse im Zeitraum 1995 – 2013 aufgeschlüsselt nach Ereignistyp

Ein großer Anteil (ca. 36 %) der gemeldeten Vorkommnisse beim Transport radioaktiver Stoffe entfällt auf Verstöße gegen technisch-administrative Bestimmungen der Transportvorschriften oder Auflagen/Nebenbestimmungen der Beförderungsgenehmigung wie z. B. fehlende oder fehlerhafte Transportdokumente, fehlerhafte Kennzeichnung von Versandstücken u. a. Ca. 6 % der Vorkommnisse beziehen sich auf anomale Transport- und Handhabungsabläufe und damit verbundene Sachschäden. Hierzu zählen beispielsweise insbesondere Beschädigungen von Versandstücken und der Transportausrüstung, die (vermutlich) auf unsachgemäße Transport- oder Betriebsabläufe beim Transport, der Verstauung, Zwischenlagerung, Handhabung sowie Be- und Entladung radioaktiver Sendungen zurückgeführt werden können.

In wenigen Einzelfällen wurden Transportvorkommnisse mit (vermutlich vorsätzlicher) Fremdeinwirkung Dritter wie Diebstahl oder Sabotage gemeldet (insgesamt 8 Ereignisse wie z. B. Beschädigung des Gleisbettes mit dem Ziel der Verhinderung eines

Transportes radioaktiver Stoffe, Manipulation eines Transportfahrzeugs). Darüber hinaus fallen etwa 42 % der Transportvorkommnisse auf Ereignisse, die sich nicht eindeutig nach EVTRAM klassifizieren lassen (Sonstiges, 39 Fälle wie z. B. die Meldung „Nichteinhaltung des Embargos für radioaktive Stoffe“). Radiologische Auswirkungen auf Personen, Sachgüter oder die Umwelt waren den Meldungen zufolge mit diesen speziellen Vorkommnissen nicht verbunden.

Die Bewertung der Sicherheitsrelevanz der erfassten 670 Transportvorkommnisse erfolgte entsprechend der Bewertungsskala für Transportvorkommnisse nach dem EVTRAM-Erfassungssystem. Das Bewertungsergebnis ist in Abb. 4.2 graphisch dargestellt. Danach fallen etwa 40 % (271 von 670) der erfassten Vorkommnisse als „non-incidents“ in die Bewertungsstufe „0“ und weitere 363 Transportereignisse (54,2 %) als Vorkommnisse mit „leichten Regelabweichungen“ in die Stufe 1 („events resulting in some disruption of normal transport conditions without affecting the safety functions of the package“). Lediglich 30 der im Betrachtungszeitraum gemeldeten Transportereignisse wurden einer höheren Relevanzstufe zugeordnet, nämlich 25 der Stufe 2 („incident with complications“) und 6 der Stufe 3 („accident with limited consequences“). Gegenüber der Auswertung bis 2009 zeigt sich somit keine wesentliche Veränderung im Hinblick auf die meist geringe sicherheitstechnische Relevanz der Ereignisse.



**Abb. 4.2** Sicherheitstechnische Bewertung der erfassten 670 Vorkommnisse beim Transport radioaktiver Stoffe auf dem Land-, Luft- und Wasserweg auf der Grundlage der EVTRAM-Bewertungsskala

Der EVTRAM Stufe 0 wurden hauptsächlich solche Transportereignisse zugeordnet, bei denen z. B. die Außenverpackung des Versandstücks nur leicht beschädigt wurde oder die erforderlichen Dokumente bzw. die Bezeichnung/Markierung fehlerhaft waren. Der Hauptanteil der Ereignisse in Stufe 1 beruht dagegen auf Transportvorkommnissen, bei denen z. B. die Außenverpackung derart beschädigt wurde, dass die Feuerwehr zur Begutachtung herangezogen wurde, um evtl. einen Schaden an dem Behälter mit radioaktivem Inhalt auszuschließen. Diese Art der Vorkommnisse findet sich insbesondere (bis 2005/2006) beim Lufttransport häufiger, wenn beispielsweise Versandstücke von einem Beförderungsband gefallen sind und anschließend neu verpackt werden müssen. Weiterhin sind z. B. Transportunfälle, bei denen die Versandstücke mit radioaktivem Inhalt nicht beschädigt wurden, die Feststellung von erhöhten Ortsdosisleistungen und auch Fälle mit unzureichender Verpackung oder der Nichtdeklaration von Versandstücke mit radioaktivem Inhalt, in die Stufe 1 eingeordnet worden.

Bei den Vorfällen der EVTRAM Stufe 2 handelt es sich zum einen um die Beförderung verschiedener Versandstücke mit gasförmigem Inhalt, die unzureichend verschlossen waren, und zum anderen um größere Beschädigungen an bzw. den Verlust von Versandstücken. Im Rahmen der EVTRAM-Klassifizierung wird ein Ereignis mit dem letztgenannten Sachverhalt unabhängig von dem Aktivitätsinhalt des Versandstücks und dem damit verbundenen radiologischen Gefährdungspotenzials in die Stufe 2 eingeordnet. In Tab. 4.2 sind diejenigen Transportereignisse aufgelistet, die innerhalb des betrachteten Zeitraums bis 2013 der Stufe 2 der EVTRAM-Bewertungsskala („event involving no release but affecting the safety functions of the package and/or requiring extensive recovery/remedial measures, or a lost package“) zugeordnet wurden. Zum Vergleich der beiden vorgestellten Bewertungsskalen erfolgt in dieser Tabelle zusätzlich die Einstufung des Ereignisses auf Basis von INES mit einer kurzen Begründung. Zur besseren Vergleichbarkeit wurde die Bewertung über alle Jahre einheitlich nach dem INES-Handbuch von 2008 vorgenommen.

**Tab. 4.2** Transportereignisse der Stufe 2 der EVTRAM-Bewertungsskala im Zeitraum 1995–2013 mit entsprechender INES-Einstufung

Ereignis der EVTRAM-Stufe 2	INES-Stufe	Begründung
Strahlungsausstritt in U-Kammer (in Grenzen; Typ A-Versandstück)	1	max. Kategorie 4, keine Exposition von Personen, Abschirmung defekt
Monitor-Alarm beim Öffnen einer gasdichten Transportverpackung (undichter Kr-85-Strahler)	0	vermutl. Kategorie 5, max. Kat. 4, keine Exposition von Personen, Abschirmung defekt, Erstvorfall
Verlust eines Strahlers (Co-60 mit 740 MBq) bei einer Luftfrachtlieferung aus dem Ausland an einen Gerätehersteller zwecks Entsorgung	1	Kategorie 4, Einstufung anhand max. potenzieller Konsequenzen
Verlust einer Sonde mit Strahler (Cd-109, 370 MBq) während des Transports	0	Kategorie 5, Einstufung anhand max. potenzieller Konsequenzen
Verlust von 196 Seeds bei der Beförderung mit dem Flugzeug (4 freigestellte Versandstücke, I-125 mit 4,14 GBq)	1	Kategorie 4, Einstufung anhand max. potenzieller Konsequenzen
Feststellung erhöhter Dosisleistung nach Öffnen der Transportverpackung von 5 Strahlern (1 Strahler war undicht; Kr-85 mit 1,85 GBq)	1	Kategorie 5, keine Exposition von Personen, Abschirmung defekt, Wiederholungsfall.

Ereignis der EVTRAM-Stufe 2	INES-Stufe	Begründung
Wiederholte Feststellung von Undichtheit an Kr-85-Strahlern beim Auspacken aus Transportbehältern beim Empfänger	1	max. Kategorie 4, keine Exposition von Personen, Abschirmung defekt, Wdh.
Verlust eines Versandstücks vom Typ B(U) („missing cargo“)	2	mind. Kategorie 3, Einstufung anhand max. potenzieller Konsequenzen
Verlust eines Elektroneneinfang-Detektors mit Strahler (Ni-63) während des Transports	0	Kategorie 5, geringes radiologisches Gefährdungspotenzial
11mal Verlust von Versandstücken (ohne nähere Angaben)	1	Kategorie unbekannt, minimale Einstufung
Verlust eines Teils einer Sendung von uranhaltigen Elektroden	0	Kategorie 5, mangelnde Sorgfalt beim Absender, geringes radiologische Gefährungspozenzial
Verlust einer Strahlenquelle (Ge/Ga-68)	0	Kategorie 5, geringes radiologisches Gefährdungspozenzial
Absturz eines 200 l-Fasses mit schwach radioaktivem Krankenhausabfall vom Transportfahrzeug beim Überqueren von Bahngleisen und anschließendes Überrollen durch den Anhänger	1	max. Kategorie 4, radiologische Konsequenzen gering
Unerlaubtes Abstellen einer Lieferung Radiopharmaka in einer nuklearmedizinischen Abteilung	1	Kategorie 5, aber Verantwortungslosigkeit des Fahrzeugführers
Verlust eines Prüfstrahlers beim Transport	0	Kategorie 5, geringes radiologisches Gefährdungspozenzial
Verlust eines freigestellten Versandstücks	0	Kategorie 5, geringes radiologisches Gefährdungspozenzial
Typ B(U)-Versandstück mit offenem Deckel beim Transit	1	mind. Kategorie 3, Einstufung anhand max. potenzieller Konsequenzen
Verlust eines Versandstücks mit Radiopharmaka während des Transports	1	vermutlich Kat. 5, aber Manipulation des Vorfalles durch den Fahrer
Verlust von 6 Neutronen-Generatoren (H-3 mit je 70 GBq) während des Transports	0	Kategorie 5, Diebstahl, geringes radiologisches Gefährdungspotenzial

Ereignis der EVTRAM-Stufe 2	INES-Stufe	Begründung
Fund eines Versandstückes mit radioaktivem Inhalt (13 Seeds je 3,6 MBq Pd-103) auf einem Flughafen (unzulässige Beförderung eines Versandstücks mit radioaktivem Inhalt)	0	Kategorie 5, geringes radiologisches Gefährdungspotenzial

Transportereignisse der Stufe 3 der EVTRAM-Bewertungsskala („accident with limited consequences“) sind in Tab. 4.3 zusammen mit ihrer jeweiligen INES-Einstufung aufgelistet. Bei dem vorletzten Vorkommnis in Tab. 4.3 handelt es sich um einen schweren Straßenverkehrsunfall außerhalb eines Wohngebietes, in dessen Folge verschiedene Versandstücke mit pharmazeutischen Präparaten (Mo/Tc) durch Überfahren durch den nachfolgenden bzw. entgegenkommenden Verkehr zerstört und der radioaktive Versandstückinhalt freigesetzt wurde. (Die detaillierten Unfalluntersuchungen gehen von bis zu drei zerstörten Typ A Versandstücken der insgesamt dreißig Typ A-Versandstücke umfassenden Fahrzeugbeladung aus.) Zur Begrenzung der radiologischen Schadensfolgen und Umgebungskontamination wurden in diesem Fall entsprechende Notfallschutzmaßnahmen (insbesondere großflächige Dekontamination des Unfallbereiches) seitens der zuständigen Behörden eingeleitet. Da es sich bei den betroffenen Sendungen um Versandstücke handelte, die Strahlenquellen der Kategorie 5 enthielten, ist in diesem Fall die maximale Einstufung des Ereignisses anhand der INES-Skala mit der Stufe 1 gegeben. Im Allgemeinen sollen jedoch Ereignisse, bei denen Versandstücke betroffen sind, deren radioaktiver Inhalt der Aktivitätsmenge einer Kategorie 5 Strahlenquelle entspricht, der INES Stufe 0 zugeordnet werden. Damit soll dem von diesem radioaktiven Material ausgehenden geringen radiologischen Gefährdungspotenzial Rechnung getragen werden. Bei wiederholt auftretenden Ereignissen, die auf mangelnde Sicherheitskultur zurückzuführen sind, kann jedoch auch bei dieser Art von Versandstücken eine höhere Signifikanzeinstufung angebracht sein. Dies ist beispielsweise bei den in Tab. 4.2 aufgeführten Ereignissen mit wiederholten Undichtigkeiten bei Lieferungen von Kr-85-Strahlern desselben Lieferanten der Fall.

Beim vorletzten Ereignis der EVTRAM Stufe 3 in Tab. 4.3 wurden zwei nicht ordnungsgemäß verpackten Strahlenquellen mit je 7,4 GBq Co-60 nach Spanien befördert. Die Exposition beim Personal der versendenden Firma war der Auswertung der Dosimeter zufolge gering, jedoch war die Möglichkeit der Exposition anderer Personen während des Transports gegeben. Aufgrund der geringen tatsächlichen radiologischen Auswirkungen ist nach INES eine Einstufung auf Basis der potentiellen Konsequenzen angezeigt. Anhand der Quellkategorie 4 wird dieses Ereignis daher mit INES 1 eingestuft.

**Tab. 4.3** Transportereignisse der Stufe 3 der EVTRAM-Bewertungsskala im Zeitraum 1995-2013 mit entsprechender INES-Einstufung

Ereignis der EVTRAM-Stufe 3	INES-Stufe	Begründung
Auslieferung eines Strahlers (Co-60 mit 148 MBq) in einem Abschirmbehälter mit geöffnetem Strahlenaustrittskanal	1	Kategorie 5, nur geringe Strahlenexposition des Personals, aber mangelnde Sicherheitskultur
Fund eines Strahlers (Cs-137 mit 55 MBq) außerhalb der Abschirmung nach Anlieferung aus dem Ausland	1	Kategorie 5, nur geringe Strahlenexposition des Personals, aber mangelnde Sicherheitskultur
gequetschtes Versandstück („crushed package“) mit auslaufendem Inhalt	1	Kategorie unbekannt, minimale Einstufung
Verkehrsunfall eines Fahrzeuges mit 30 Versandstücken mit radioaktivem Material mit Kontaminationen auf Fahrbahn und Seitenstreifen	1	Radiopharmaka der Kategorie 5, max. potenzielle Konsequenzen: Stufe 1
Transport einer Füllstandsmessanlage mit zwei nicht ordnungsgemäß verpackten Strahlenquellen, Exposition des Personals max. 6 µSv, Strahlenexposition beim Transport unbekannt	1	Kategorie 4, radiologische Konsequenzen gering
Feststellung einer unzulässig erhöhten Dosisleistung von 33 mSv/h an einem Versandstück mit Strahlern (5 Stck. Cs-137, insgesamt 53,65 GBq) an einem Flughafen (Strahler außerhalb des Abschirmbehälters)	2	Konservative Dosisabschätzung für etwa 10 möglicherweise betroffene Personen: > 1 mSv

Auch das letzte Ereignis in Tab. 4.3 steht wieder im Zusammenhang mit nicht ordnungsgemäß verpackten Strahlenquellen, wodurch möglicherweise vorkommnisbedingte radiologische Auswirkungen auf Personen in Form von Strahlenexpositionen oberhalb der Jahreshgrenzwerte auftraten. Bei Kontrollen am Flughafen Frankfurt wurde eine erhöhte Dosisleistung an einem Versandstück der Klasse 7 gemessen. Es stellte sich heraus, dass der Abschirmbehälter nicht ordnungsgemäß verschlossen war. Eine Strahlenquelle steckte innerhalb der Umverpackung zwischen Abschirmbehälter und Deckel, eine zweite war ganz aus dem Behälter herausgefallen. Daraufhin wurde von australischer Seite (Herkunftsland des Absenders) eine Abschätzung der Strahlenexposition für Passagiere durchgeführt, die sich während des Fluges oberhalb des Behälters befunden haben könnten sowie für das eingesetzte Transportpersonal. Die Abschätzung weist auf mehr als 10 möglicherweise betroffene Personen hin und lag mit



Werten zwischen 3 mSv und 6,6 mSv oberhalb des Jahresgrenzwertes von 1 mSv für die Bevölkerung. Daher wurde dieser Zwischenfall von der zuständigen australischen Behörde mit INES Stufe 2 bewertet.

Insgesamt kam es darüber hinaus in drei Fällen durch das Nichteinhalten von Transportvorschriften (unzureichende Verpackung) bzw. durch Konstruktionsmängel zu geringfügigen Strahlenexpositionen (max. 0,1 mSv) von insgesamt 5 Mitarbeitern.

### **4.3 Beispiele von Vorkommnissen aus der Aufsichtspraxis**

Für die Jahre ab 2009 ist die Informationslage im Rahmen des Untersuchungszeitraums sehr unbefriedigend, da verschiedene Daten auch Mitte 2014 noch nicht verfügbar waren. Zwar wurden für die Jahre 2012 und 2013 die Daten vom LBA verfügbar gemacht, die fehlenden Daten sollen noch folgen. Eine Trendanalyse aufgrund der bisherigen Datenbasis ist daher für die letzten Untersuchungsjahre auf Basis der üblichen Informationsquellen nicht möglich. Daher wurden zusätzlich wieder die Vorkommnismeldungen aus der aufsichtlichen Tätigkeit einer für die Beförderung radioaktiver Stoffe zuständigen Behörde für den Zeitraum 2008 bis 2013 analysiert. Die Informationen wurden dabei den Protokollen entnommen, die bei festgestellten Mängeln von behördlicher Seite erstellt wurden, sowie teilweise den Jahresberichten über die Aufsichtstätigkeit.

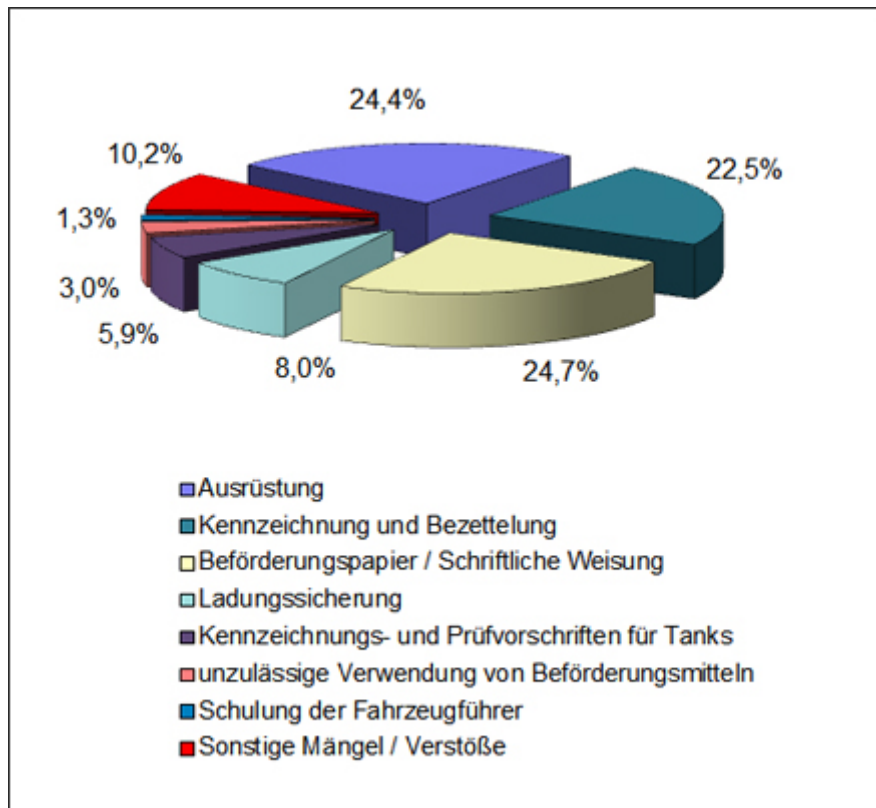
In den Jahren 2012 und 2013 wiesen demnach bei den durchgeführten behördlichen Kontrollen jeder zweite Transport Mängel auf (vgl. Tab. 4.4). Davon betroffen waren teilweise auch Transportunternehmen, die hinsichtlich der Beförderung radioaktiver Stoffe über jahrelange Erfahrung verfügen. Insgesamt wurden im Jahr 2013 weniger Mängel unter den verschiedenen Prüfaspekten festgestellt. Im Jahr 2009 war die Anzahl wesentlich höher, insbesondere ergaben sich pro beanstandetes Fahrzeug im Schnitt mehr als 2 Verstöße. Die gefahrgutrechtliche Aufsichtsbehörde äußerte in einem früheren Bericht die Vermutung, dass die relativ hohe Beanstandungsquote teilweise auch auf die Komplexität und kontinuierlichen Änderungen (2jähriger Revisions- bzw. Überprüfungszyklus der IAEO-Empfehlungen) des Gefahrgutrechts zurückzuführen sei. So findet sich ein Großteil Anteil der Mängel auch immer noch in den Bereichen Begleitpapiere sowie Kennzeichnung (d. h. Dokumentation), die in der Regel keine hohe sicherheitstechnische Bedeutung haben. Schwerwiegender können sich jedoch Mängel bei der Ladungssicherung auswirken, insbesondere in Unfallsituationen.

**Tab. 4.4** Prüfaspekte und aufgetretene Mängel bei behördlichen Kontrollen

	<b>Anzahl aufgetretener Mängel</b>				
	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>Anzahl der durchgeführten Transporte</b>				58	67
<b>Beanstandungsquote</b> (beanstandete zu kontrollierten Transporten)	12 / 38	10 / 18	14 / 26	8 / 16	8 / 16
<b>Prüfaspekte und Mängel</b>					
Begleitpapiere	10	7	14	2	3
Kennzeichnung	9	4	7	3	1
Grenzwerte	2				1
Rauchverbot	2				
Genehmigung/Zulassung	2				
Ladungssicherung		7	4	4	2
Ausrüstung	1	2	1		
Sonstiges		3		2	

Zur Einordnung dieser doch hohen Mängelzahl wurden die Statistiken des BAG zu festgestellten Verstößen bei in Straßenkontrollen überprüften Fahrzeugen mit Gefahrgutladung allgemein (alle Gefahrgutklassen) zum Vergleich herangezogen. Im Jahr 2013 wurden insgesamt 3.600 von 25.1965 kontrollierten Fahrzeugen im Bereich des Gefahrgutrechts beanstandet (das entspricht einer Beanstandungsquote von 13,9 %). Damit hat sich die Quote der Beanstandungen über alle Klassen von dem sehr niedrigen Wert von 8,9 % im Jahr 2010 wieder erhöht.

Insgesamt wurden 563.310 in- und ausländische Zugfahrzeuge und deren Anhänger im Jahr 2013 vom BAG kontrolliert. Dabei wurden 237.183 Verstöße über alle Rechtsgebiete festgestellt. Die Anzahl der Verstöße gegen das Gefahrgutrecht (über alle Klassen) belief sich 2013 insgesamt auf 6620 (2,8 % aller Verstöße), d. h. im Schnitt etwa 1,8 Verstöße pro beanstandetes Fahrzeug. Die Art und die Anzahl der vom BAG festgestellten Verstöße gegen das Gefahrgutrecht für das Jahr 2013 sind in Abb. 4.3 dargestellt. Die meisten Verstöße wurden dabei mit etwa 24,7 % in den Bereichen Beförderungspapier/Schriftliche Weisungen festgestellt. Defizite im Bereich der Ausrüstung sowie sonstige, nicht näher spezifizierte Mängel haben ebenfalls einen hohen Anteil (24,4 %), gefolgt von Fehlern bei der Kennzeichnung und Bezettelung (22,5 %). Mit 8 % der Verstöße zeigt sich auch beim Transport von Gefahrgütern allgemein die Ladungssicherung als mögliche Gefahrenquelle.



**Abb. 4.3** Vom BAG festgestellte Verstöße im Bereich des Gefahrgutrechts im Jahr 2013 (Quelle: BAG)

Entsprechend der in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Vorgehensweise wurden die zur Verfügung gestellten Einzelberichte separat in die Vorkommnisdatei aufgenommen und analysiert. Von insgesamt 37 ausgewerteten Mängelprotokollen waren die überwiegende Mehrheit Vorkommnisse der EVTRAM Stufe 0 (19 Fälle, 51 %) und Stufe 1 (17 Fälle, 46 %). Nur ein Ereignis (und damit 3 %) ist der EVTRAM-Stufe 3 zuzuordnen. Dabei handelt es sich um einen Fall mit nicht ordnungsgemäß verpackten Strahlenquellen, der als einziger als meldepflichtiges Ereignis nach § 51 StrlSchV auch in der allgemeinen Vorkommnisauswertung (vgl. Abschnitt 4.2) enthalten ist (INES-Stufe 1).

Nach INES werden 17 Ereignisse der Stufe 0 (46 %) und 20 Ereignisse der Stufe 1 (56 %) zugeordnet. Zu den letzteren gehören 9 Vorkommnisse, bei denen eine Nichteinhaltung von Grenzwerten gemäß 1.7.6 ADR mitteilungspflichtig war. Bezogen auf die Gesamtheit der erfassten Ereignisse bedeutet dies, dass bei nahezu jedem vierten Transport die relevanten Grenzwerte (hier meist für die Dosisleistung von freigestellten Versandstücken) nicht eingehalten wurden. In 6 Fällen war die Ladungssicherung mangelhaft, bei zwei Vorkommnissen wurde gegen das Rauchverbot bei Ladearbeiten

verstoßen. Die beiden letztgenannten Mängel gehören nach Anlage 3 der Gefahrgutkontrollverordnung (GGKontrollV /GGKV 06/) zur Gefahrenkategorie I. Unter diese schwerwiegendste der dort aufgelisteten drei Gefahrenkategorien fällt beispielsweise auch das Fehlen relevanter Angaben zu dem beförderten Stoff. Allgemein erfolgt die Einstufung eines Mangels in die Gefahrenkategorie I, „wenn der Verstoß gegen die einschlägigen ADR-Bestimmungen mit einer hohen Lebensgefahr bzw. der Gefahr schwerer gesundheitlicher Schäden oder einer erheblichen Schädigung der Umwelt verbunden ist, so dass in der Regel unverzüglich geeignete Maßnahmen zur Beseitigung der Gefahr ergriffen werden, z. B. Untersagung der Weiterfahrt, Stilllegung des Fahrzeugs“ (insgesamt 11 Fälle, ca. 30 %). Nur ein Ereignis ist einem Verkehrsunfall mit Beteiligung eines Fahrzeugs mit radioaktiven Stoffen zuzuordnen, bei dem es zu einem geringen Sachschaden am Fahrzeug kam. Zur Sicherstellung der Unversehrtheit der Versandstücke wurde die Feuerwehr hinzugezogen und die Straße gesperrt. Da der Einsatz der Behörden und die Sperrung des öffentlichen Verkehrsweges die Dauer von 3 Stunden nicht überschritten, war dieses Ereignis nicht nach 1.8.5 meldepflichtig.

Vor dem Hintergrund der hier durchgeführten exemplarischen Analyse der Daten einer einzelnen Behörde wäre die Verfügbarkeit von Vorkommnisdaten für die Klasse 7 insbesondere über das BAG umso wünschenswerter. Hierbei muss jedoch bedacht werden, dass Meldungen nach 1.7.6 ADR in der Regel nicht dem BMVI/BAG weitergeleitet werden. Vorkommnisse mit Überschreitung der zulässigen Grenzwerte für die Oberflächenkontamination oder Dosisleistung besitzen jedoch auch aus Sicht des Strahlenschutzes des Transportpersonals und der Bevölkerung durchaus Relevanz. Im hier betrachteten Fall wurden von Seiten der Behörden zusammen mit den Beteiligten geeignete Maßnahmen veranlasst, um Wiederholungsfälle zu vermeiden. Die Ursachenforschung und das Ergreifen geeigneter Maßnahmen zur Verhinderung eines erneuten Auftretens ähnlicher Umstände wird auch in Abschnitt 1.7.6 ADR gefordert. Ein Blick auf die Ergebnisse der Gefahrgutkontrollen in anderen Behörden könnte alternativ als Ansatz zu einer zentralisierten Datenbereitstellung verfolgt werden. Die entsprechenden Aufsichtsbehörden wurden im Rahmen des Informationsaustauschs zur verkehrsrechtlichen Aufsicht über die Tätigkeiten der GRS auf diesem Gebiet informiert. Generelles Interesse war überwiegend vorhanden, führte jedoch nicht konkret zur Bereitstellung von Daten. Aufgrund der zu erwartenden Übernahme der INES-Meldeverpflichtungen für Transportereignisse, könnte evtl. die Kooperationsbereitschaft fördern.

## 5 Schlussfolgerungen und Ausblick

Nach Maßgabe der relevanten Vorschriften des Gefahrgutrechtes und Atomgesetzes bestehen für die an der Beförderung radioaktiver Stoffe Beteiligten diverse Melde- und Anzeigepflichten an die jeweils zuständige Behörde. Die verfügbaren Informationen über Transportvorkommnisse in Deutschland, deren Begleitumstände und radiologische Auswirkungen stützen sich daher im Wesentlichen auf Angaben der zuständigen Aufsichtsbehörden. Auf dieser Informationsgrundlage wurden – verteilt über den Zeitraum der späten 90er Jahre bis 2013 – bundesweit insgesamt 670 Vorkommnisse unterschiedlicher Art und Schwere bei der Beförderung radioaktiver Stoffe identifiziert und ausgewertet. Hinsichtlich der Vollständigkeit ist jedoch zu beachten, dass die Informationsbasis über Transportvorkommnisse aus den späten 90er Jahren auf bestimmte Verkehrsträger beschränkt sowie für die Jahre 2009 und 2010 nicht vollständig verfügbar war (vgl. Tab. 4.1).

Zusätzlich zu der speziell für die Bewertung von Transportereignissen entwickelten EVTRAM-Skala wurden die Vorkommnisse (exemplarisch ab EVTRAM Stufe 2) auch auf Basis des INES-Handbuchs von 2008 bewertet. Bei der INES-Skala ist eine Einstufung von Transportvorkommnissen vorgesehen, die insbesondere auch abhängig ist von dem radiologischen Gefährdungspotenzial des transportierten Stoffes. Bei der EVTRAM-Skala findet dieser Aspekt in dieser Art keinerlei Berücksichtigung, sie reflektiert vielmehr unmittelbar die Art und Schwere eines Regelverstoßes oder die direkten radiologischen Vorkommnisfolgen. Der radiologische Aspekt zur Bewertung der sicherheitstechnischen Relevanz ist ein deutliches Unterscheidungsmerkmal der beiden Bewertungsskalen und führt zu unterschiedlichen Einstufungen. Die höchste Einstufung nach INES mit Stufe 2 erhielt beispielsweise ein Vorkommnis, bei dem der Verlust eines Typ B(U)-Versandstücks im Bereich des Verkehrsträgers Luft gemeldet wurde. Die Einstufung beruht dabei auf der Analyse des radiologischen Gefährdungspotenzials, das von diesem Versandstück bei unsachgemäßem Gebrauch oder fahrlässigem Umgang (z. B. bei unberechtigtem Öffnen) ausgehen kann. Die EVTRAM-Bewertung dieses Ereignisses ergibt ebenfalls die Stufe 2 aufgrund des Merkmals Verlust eines Versandstücks. Die im Berichtszeitraum erfassten Vorkommnisse mit der höchsten Relevanz nach den EVTRAM-Bewertungskriterien (Stufe 3) liegen jedoch überwiegend nach INES aufgrund des geringen radiologischen Gefährdungspotenzials der involvierten Versandstücke bzw. der nur geringen radiologischen Konsequenzen lediglich maximal bei Stufe 1. Eine Ausnahme bildet das Vorkommnis am Frankfurter Flughafen mit den nicht ordnungsgemäß verpackten Strahlenquellen, durch die das Potenzial für eine

Strahlenexposition von Passagieren und Transportpersonal oberhalb von 1 mSv bestand.

Insgesamt zeigt sich, dass die Einbeziehung des Kriteriums der maximalen potenziellen radiologischen Konsequenzen gemäß INES in den meisten Fällen zu einer niedrigeren Einstufung der sicherheitstechnischen Relevanz führt als bei der EVTRAM-Bewertungsskala. Dies ist u. a. durch den breiten Anwendungsbereich der INES-Bewertungskriterien begründet, bei denen Ereignisse beim Transport von (begrenzten) Aktivitätsmengen bis hin zu schweren Störfällen in Kernkraftwerken durch eine einheitliche Skala erfasst werden sollen. Durch den Vergleich der potenziellen Konsequenzen, z. B. bei störfallbedingten Freisetzungen aus kerntechnischen Anlagen, relativiert sich daher die Bewertung der meisten Vorfälle beim Transport radioaktiver Stoffe. Im Fall der EVTRAM-Bewertungskriterien ist die Skala dagegen speziell auf Transportereignisse angepasst und erlaubt somit eine feinere Abstufung und Bewertung eines Vorkommnisses. Hierbei wird insbesondere der Tatsache Rechnung getragen, dass die transportierten Aktivitätsmengen im Allgemeinen beschränkt und in der Regel gegenüber kerntechnischen Anlagen vergleichsweise gering sind. Unfallbedingte Freisetzungen werden daher gemäß EVTRAM beispielsweise in Relation zum Vielfachen der maximal zugelassenen Aktivität eines Typ A-Versandstücks gesetzt, um eine Einstufung von Ereignissen bis hin zu einem schweren Unfall der Stufe 7 zu ermöglichen. Nach den Kriterien der INES-Skala ist es dagegen höchst unwahrscheinlich, dass ein Transportereignis radiologische Konsequenzen der INES Stufe 6 (Unfall in der Wiederaufarbeitungsanlage in Kyshtym, 1957) oder der Stufe 7 (Reaktorunfall in Tschernobyl, 1986 oder Fukushima, 2011) zur Folge hat. Eine Übereinstimmung der beiden Bewertungsskalen bei der Einstufung von Transportereignissen kann daher nicht gegeben sein.

Bei den oben dargestellten Beispielen zeigen sich deutlich die unterschiedlichen Zielsetzungen beider Bewertungsskalen: Bei INES steht die Bewertung der sicherheitstechnischen Bedeutung eines Ereignisses anhand einheitlicher Kriterien zur Kommunikation mit der Öffentlichkeit im Vordergrund, während bei EVTRAM u. a. neben der Bewertung der Angemessenheit und Effizienz der Transportsicherheitsstandards sowie der Beschaffung einer Datengrundlage für die zukünftige Weiterentwicklung des Regelwerks auch der mögliche Erfahrungsrückfluss ein Ziel des einheitlichen Erfassungssystems bildet. Beide Bewertungssysteme haben daher für ihre jeweilige Zielsetzung durchaus nebeneinander ihre Berechtigung.

Hinweise, die auf gravierende verkehrsträgerspezifische oder verpackungstypische Regelungs- und Sicherheitsdefizite hindeuten, sind aus den derzeit vorliegenden Untersuchungsergebnissen nicht erkennbar. Die Untersuchungsergebnisse deuten jedoch darauf hin, dass eine erhebliche Zahl der auf Handhabungsfehlern oder administrativen Versäumnissen beruhenden Vorkommnisse möglicherweise in Zusammenhang steht mit unzureichender Fachkenntnis sowie mangelnder Sorgfalt bei der Transportvorbereitung und -durchführung. Maßnahmen zur Erhöhung der Sicherheitskultur beim Transport radioaktiver Stoffe, beispielsweise durch Verbesserung der Schulung des Personals zur Förderung des Problembewusstseins, sind ein denkbarer Ansatz zur Reduktion derartiger Transportvorkommnisse. Ein Faktor in diesem Zusammenhang liegt möglicherweise in der Komplexität und den kontinuierlichen Änderungen der Anforderungen an die Beförderung radioaktiver Stoffe begründet. Dies erfordert eine kontinuierliche Verfolgung der Änderungen im Gefahrgutrecht und Überprüfung der bisherigen Praxis, was mit einem hohen Aufwand verbunden ist. Auffällig bei der exemplarischen Auswertung der Mängelprotokolle einer für die Beförderung radioaktiver Stoffe zuständigen Behörde ist jedoch die verhältnismäßig hohe Zahl der Meldungen nach Unterabschnitt 1.7.6 ADR. Diese Fälle sollten beobachtet werden, da sie unter Umständen strahlenschutzrechtlich relevant werden könnten (im Sinne von ALARA), wenn z. B. ein Versandstück fälschlicherweise mit einer zu niedrigen Kategorie oder als freigestellt gekennzeichnet und dementsprechend beim Transport behandelt wird.

Darüber hinaus ist eine Systematisierung und Abstimmung der Art und des Umfangs der derzeit bestehenden verkehrsträgerspezifischen Anzeige- und Meldepflichten für Transportvorkommnisse wünschenswert. Insbesondere für den dominierenden Transportsektor Straße wäre auch im Sinne des Erfahrungsrückflusses die Einbeziehung der beim BAG verfügbaren Meldungen in die Auswertung erstrebenswert. Die Zusammenführung der Meldungen nach Gefahrgut- und Atomrecht beispielsweise in einer Datenbank – wie hier im Rahmen dieses Vorhabens – könnte damit konsequenter verfolgt werden. Darüber hinaus ist auch die konsequente Einbeziehung von weniger gravierenden Verstößen, die gemäß INES oder EVTRAM mit Stufe 0 oder 1 klassifiziert werden, im Sinne des INES-Gedankens (Information der Öffentlichkeit) oder des Erfahrungsrückflusses nach EVTRAM zu erwägen. Mitteilungen nach 1.7.6 ADR wurden beispielsweise bei den bisherigen Auswertungen nicht erfasst, da keine Weiterleitung von der gefahrgutrechtlich zuständigen Behörde an das BAG oder die strahlenschutzrechtlich zuständige Behörde vorgesehen ist. Ein Austausch und die Zusammenfüh-

rung von verfügbaren Informationen, die möglicherweise Hinweise auf Verbesserungspotential geben könnten, werden somit nicht wahrgenommen.

Ein Blick nach Frankreich zeigt, dass in Bezug auf die jährliche Beförderungsmenge von etwa 900 000 Versandstücken bei 901 Vorkommnissen in 9 Jahren nur wenige Ereignisse zu verzeichnen sind, die gemäß den INES-Kriterien der IAEO gemeldet werden sollten (ab Stufe 2). Dennoch sind zu sämtlichen erfassten Vorkommnismeldungen kurze Informationen zentral verfügbar. Was die Verfügbarkeit von Ereignisinformationen anbelangt gilt Vergleichbares für Großbritannien und die USA. In Frankreich ist die Anwendung von INES für Transportereignisse im Vergleich der vier Länder am weitesten fortgeschritten. Hier ist der Meldepflichtige (z. B. der Transporteur) verpflichtet, mit der Meldung des Ereignisses auch eine Bewertung nach INES vorzunehmen. Dies ist vergleichbar mit der deutschen Praxis bei Ereignissen in Kernkraftwerken, bei der der Betreiber eine erste INES-Einstufung vornimmt, für Transportereignisse ist dies in Deutschland derzeit nicht vorgesehen.

Eine Ausweitung des Anwendungsbereiches von INES wird allerdings von Seiten der IAEO stark propagiert. Dies beinhaltet nicht nur die Anwendung auf Ereignisse mit Strahlenquellen oder beim Transport, sondern auch im medizinischen Bereich wie z. B. bei einer Fehlbestrahlung von Patienten. Das neue INES-Handbuch von 2008 wurde inzwischen (insbesondere für die Anwendung im kerntechnischen Bereich) von der GRS in die deutsche Sprache übersetzt. Die Übersetzung ist inzwischen von den entsprechenden Gremien verabschiedet worden und soll somit nach ihrer Veröffentlichung in Deutschland zur Anwendung kommen. Für den Bereich der Beförderung radioaktiver Stoffe muss daher auch über entsprechende Meldewege und Verfahren nachgedacht werden. Es existieren seitens des BMUB konkrete Bestrebungen, die bisherige Berichterstattung über besondere Vorkommnisse gemäß Rundschreiben /BMU 02//BMU 02/ um eine Bewertung von Vorkommnissen nach INES zu ergänzen. Dies könnte auch als Anstoß für eine zentralisierte Zusammenführung von Ereignismeldungen und ein harmonisiertes Berichtswesen zu Transportvorkommnissen dienen, um u. a. die Bewertung des Sicherheitsniveaus bei Transport radioaktiver Stoffe zu erleichtern. Jedoch ist nach derzeitigem Stand geplant, nur Vorkommnisse mit einer INES-Einstufung ab Stufe 2 zu erfassen. Nach den hier vorliegenden Auswertungen zeigt sich, dass solche Ereignisse erfreulicherweise in Deutschland (und auch international) bei der Beförderung radioaktiver Stoffe sehr selten vorkommen.



## 6 Literatur

- /ADN 13/ Zentralkommission für die Rheinschifffahrt: ADN 2103, Europäisches Übereinkommen vom 26. Mai 2000 über die internationale Beförderung von gefährlichen Gütern auf Binnenwasserstraßen (ADN), Beigefügte Verordnung, gültig ab 1. Januar 2013 – offizielle deutsche Übersetzung
- /ADR 13/ Anlage zur Bekanntmachung der Neufassung der Anlagen A und B des Europäischen Übereinkommens vom 30. September 1957 über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße (ADR) in der ab dem 1. Januar 2013 geltenden Fassung, Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil II Nr. 15 vom 21. Juni 2013
- /AMC 05/ A.-M. Ericsson, C. Järnry:  
EVTRAM Reporter, Program and User Guide,  
<http://www.amckonsult.se/Evtram.html>, 2005
- /ATG 13/ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz - AtG) vom 23. Dezember 1959, Neufassung vom 15. Juli 1985 (BGBl. I 1985, Nr. 41, S. 1565), zuletzt geändert durch Artikel 5 des Gesetzes vom 28. August 2013 (BGBl. I 2013, Nr. 52, S. 3313)
- /BMU 02/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:  
Durchführung der Strahlenschutzverordnung (StrlSchV) und der Röntgenverordnung (RöV) – Berichterstattung über besondere Vorkommnisse, RdSchr. des BMU vom 15.07.2002 - RS II 3 - 15209/1, GMBI. Nr. 31, S. 637, 2002
- /BMU 09/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit:  
Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung, Jahresbericht 2008, Dezember 2009

- /EBA 13/ Eisenbahn-Bundesamt: Jahresbericht 2012 über die Tätigkeit des Eisenbahn-Bundesamtes als atomrechtliche Aufsichts- und Genehmigungsbehörde nach dem Atomgesetz sowie als Aufsichtsbehörde für die behördliche Gefahrgutkontrolle nach dem Gefahrgutbeförderungsgesetz bei der Beförderung radioaktiver Stoffe, Stand Juni 2013
- /GGKV 06/ Verordnung über die Kontrollen von Gefahrguttransporten auf der Straße und in den Unternehmen (GGKontrollV) in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. Oktober 2005 (BGBl. I S. 3104), zuletzt geändert durch Artikel 482 der Verordnung vom 31. Oktober 2006 (BGBl. I S. 2407)
- /GGV 13/ Verordnung über die innerstaatliche und grenzüberschreitende Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße, mit Eisenbahnen und auf Binnengewässern (Gefahrgutverordnung Straße, Eisenbahn und Binnenschifffahrt – GGVSEB), in der Fassung der Bekanntmachung vom 22. Januar 2013 (BGBl. I Nr. 4 S. 110)
- /GSEE 14/ Verordnung über die Beförderung gefährlicher Güter mit Seeschiffen (Gefahrgutverordnung See - GGVSee), in der Fassung der Bekanntmachung vom 26. März 2014 (BGBl. I S. 301)
- /IAEA 97/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
Review of events occurring during the transport of radioactive material for the period 1984 – 1993, A report on the IAEA's EVTRAM Database, IAEA-TECDOC-966, IAEA, Vienna, Sept. 1997
- /IAEA 01/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
The International Nuclear Event Scale (INES), User's Manual 2001 Edition, Vienna, February 2001
- /IAEA 02/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
CS 136 Consultants Service Meeting (CSM) to Review the EVTRAM Database – Consultants Report, 25-29 November 2002, IAEA, Vienna, Nov. 2002

- /IAEA 05/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
Categorization of Radioactive Sources, IAEA Safety Standards, Safety  
Guide No. RS-G-1.9, IAEA, Vienna, 2005
- /IAEA 06/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
Rating of Transport and Radiation Source Events, Additional Guidance for  
the INES National Officers, IAEA-INES WM 04/2006, Vienna, April 2006
- /IAEA 07/ CS-78, Consultant Meeting to review the Development of the Transport  
Safety Database, IAEA Headquarters, Vienna, 16 - 20 July 2007
- /IAEA 08/ CS-84, Consultant Meeting - Review of EVTRAM Database, IAEA Head-  
quarters, Vienna, 28 July – 1 August 2008
- /IAEA 09/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
INES The International Nuclear and Radiological Event Scale, User's Man-  
ual, 2008 Edition, May 2009
- /IAEA 12/ International Atomic Energy Agency (IAEA):  
Safety Standards Series No. SSR-6, Regulations for the Safe Transport of  
Radioactive Material, 2012 Edition, Specific Safety Requirements, IAEA,  
Vienna, October 2012
- /ICAO 12/ International Civil Aviation Organization (ICAO):  
Technical Instructions for the Safe Transport of Dangerous Goods by Air,  
2013-2014 Edition, ICAO Doc 9284, 2012
- /IMO 12/ International Maritime Organization (IMO):  
International Maritime Dangerous Goods Code (IMDG-Code) 2012, in der  
Fassung des Amendments 36-12, Ausgabe 2012

- /JAR 08/ Joint Aviation Requirements, JAR-OPS 1 (deutsch) für die gewerbsmäßige Beförderung von Personen und Sachen in Flugzeugen in der Fassung gemäß Verordnung (EG) Nr. 859/2008 der Kommission vom 20. August 2008 (noch bis zum 28. Oktober 2014 gültig, dann ersetzt durch Verordnung (EU) Nr. 965/2012 der Kommission vom 5. Oktober 2012 zur Festlegung technischer Vorschriften und von Verwaltungsverfahren in Bezug auf den Flugbetrieb gemäß der Verordnung (EG) Nr. 216/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates)
- /LAN 98/ Lange, F. et al.:  
Gutachterliche Stellungnahme zu aufgetretenen Kontaminationen bei der Beförderung von Behältern mit abgebrannten Brennelementen aus deutschen Kernkraftwerken (Gutachten erstellt im Auftrag des Eisenbahn-Bundesamtes), Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) GmbH, Köln, 11. September 1998
- /OTIF 13/ Zwischenstaatliche Organisation für den internationalen Eisenbahnverkehr (OTIF):  
Ordnung über die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID), in der Fassung gemäß der 17. RID-Änderungsverordnung vom 09. November 2012 (BGBl. II Nr. 35 S. 1338)
- /SCH 04/ Schwarz, G. et al.:  
Erfassung, Bewertung und Fortentwicklung der sicheren Beförderung radioaktiver Stoffe (Abschlussbericht zum Arbeitspunkt 1), GRS - A - 3177/I, März 2004.
- /SEN 12/ Sentuc, F.-N.:  
Untersuchungen zu aktuellen Fragestellungen zur Sicherheit bei der innerstaatlichen und grenzüberschreitenden Beförderung radioaktiver Stoffe und der Fortentwicklung der Transportvorschriften, Abschlussbericht zum Vorhaben 3607R02600 Arbeitspunkt 2, GRS - A - 3674, Juli 2012.
- /STR 13/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung - StrlSchV) vom 20. Juli 2001 (BGBl. I S. 1714, (2002 I S. 1459), zuletzt geändert durch Artikel 5 Absatz 7 des Gesetzes vom 24. Februar 2012 (BGBl. I 2012, Nr. 10, S. 212)



**Gesellschaft für Anlagen-  
und Reaktorsicherheit  
(GRS) mbH**

Schwertnergasse 1  
**50667 Köln**

Telefon +49 221 2068-0

Telefax +49 221 2068-888

Forschungszentrum

**85748 Garching b. München**

Telefon +49 89 32004-0

Telefax +49 89 32004-300

Kurfürstendamm 200

**10719 Berlin**

Telefon +49 30 88589-0

Telefax +49 30 88589-111

Theodor-Heuss-Straße 4

**38122 Braunschweig**

Telefon +49 531 8012-0

Telefax +49 531 8012-200

[www.grs.de](http://www.grs.de)

**ISBN 978-3-944161-45-7**