

**Detaillierte Analyse  
und Bewertung der  
intac-Studie „Fachliche  
Bewertung der Trans-  
portstudie Konrad 2010  
von der GRS“ vom  
November 2012**

Bericht im Rahmen des  
Vorhabens 3611R03300  
Arbeitspaket 7



Detaillierte Analyse und  
Bewertung der intac-Studie  
„Fachliche Bewertung der  
Transportstudie Konrad 2010  
von der GRS“ vom November  
2012

Bericht im Rahmen des Vorhabens  
3611R03300 Arbeitspaket 7

U. Büttner  
W. Brücher  
P. Eich  
F.-N. Sentuc

Mai 2013

Auftrags-Nr.: 854514

**Anmerkung:**

Das diesem Bericht zu Grunde liegende FE-Vorhaben 3611R03300 wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit 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.



## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Beauftragung von intac und Ziele der TSK 2009 .....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Analyse und Bewertung der intac-Studie .....</b>	<b>6</b>
3.1	Problemstellung und Zielsetzung .....	6
3.2	Untersuchungsmethodik .....	11
3.3	Bewertungsgrundlagen .....	15
3.4	Art und Volumen konradgängiger radioaktiver Abfälle .....	17
3.5	Radiologische Charakterisierung der Abfall- und Transportbehälter .....	18
3.6	Transportszenarien und Beförderungsmodalitäten.....	21
3.6.1	Transportszenarien.....	21
3.6.2	Beförderungsmodalitäten.....	22
3.7	Strahlenexposition der Bevölkerung und des Transportpersonals.....	23
3.8	Transportunfallrisiko .....	26
3.8.1	Generelle Vorgehensweise.....	26
3.8.2	Behälterversagen und Freisetzungverhalten .....	26
3.8.3	Unfallhäufigkeiten und Unfallschwere .....	31
3.8.4	Transportunfallsimulation – Quelltermbestimmung .....	36
3.8.5	Unfallhäufigkeiten mit Freisetzungen .....	38
3.8.6	Radiologische Unfallfolgen .....	39
3.8.7	Bewertung der Transportunfallrisiken.....	44
3.9	Einwirkung Dritter auf Transporte .....	46
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>53</b>



## **1 Einleitung**

Die Stadt Salzgitter hatte die intac GmbH beauftragt, die von der GRS verfasste Transportstudie Konrad (TSK) 2009 /GRS 10/ fachlich zu bewerten. Die intac hat diese Bewertung in einer ersten Studie („Fachliche Bewertung der Transportstudie Konrad der GRS Phase I“ /INT 12a/) zusammengefasst. Im November 2012 hat intac die Bearbeitung der Phase II beendet und in einer Gesamtstudie „Fachliche Bewertung der Transportstudie Konrad 2010 von der GRS“ /INT 12b/ veröffentlicht, wobei die Ergebnisse der Phase II in die Ergebnisse der Phase I eingearbeitet worden sind.

Die GRS wurde im Januar 2013 vom Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) beauftragt, eine detaillierte Analyse und Bewertung der intac-Studie durchzuführen. Im nachfolgenden Kapitel 3 wird diese Analyse durchgeführt. In Kapitel 4 werden nochmals die wichtigsten Punkte aus dieser Analyse und Bewertung zusammenfassend dargestellt.

## **2 Beauftragung von intac und Ziele der TSK 2009**

Die intac-Studie erläutert in ihrer Einleitung die Ziele der Beauftragung:

*„Die Transporte sind für die Stadt Salzgitter zum Beispiel im Hinblick auf die mögliche Betroffenheit kommunaler Einrichtungen an Transportstrecken, Daseinsvorsorge für die Bevölkerung, Nutzungsplanungen im Bereich der Transportstrecken sowie Ausstattung und Vorbereitung von Feuerwehr und Katastrophenschutz nach wie vor von Bedeutung. Aus diesem Grund wurde die intac GmbH mit einer fachlichen Bewertung der aktualisierten Transportstudie der GRS beauftragt.“ /INT 12b/*

Die TSK 2009 hatte zwei Hauptzielrichtungen:

1. Ermittlung und Bewertung der mit normalen (unfallfreien) Anlieferungen radioaktiver Abfälle verbundenen Strahlenexpositionen der Bevölkerung und des Transportpersonals,
2. Abschätzung und Bewertung des mit der Abfallanlieferung verbundenen Transportunfallrisikos in der Standortregion des Endlagers Konrad, d. h. die Ermittlung der

Häufigkeit und potenziellen radiologischen Auswirkungen etwaiger Transportunfälle in der Region mit dem höchsten Abfallbeförderungs- und Verkehrsaufkommen.

Gegenstand der TSK 2009 waren entsprechend diesen beiden Hauptzielrichtungen Fragen der Sicherheit der Transporte, sowohl beim unfallfreien Transport als auch bei Unfällen in Bezug auf die Bevölkerung und das Transportpersonal. Über die Ergebnisse wird die interessierte Bevölkerung durch Veröffentlichung der TSK 2009 informiert.

Hinsichtlich der „Nutzungsplanung im Bereich von Transportstrecken“ sei an dieser Stelle jedoch angemerkt, dass das Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG) /GEF 09/ in Verbindung mit den entsprechenden Gefahrgutverordnungen und den relevanten Transportvorschriften darauf abzielt, dass Gefahrgut allgemein (also auch Gefahrgut der Klasse 7) so transportiert werden muss, dass keinerlei Einschränkungen entlang des Verkehrsweges bestehen.

Es daher fachlich fragwürdig, die TSK 2009 unter den von intac genannten Gesichtspunkten, wie z. B. Nutzungsplanungen im Bereich der Transportstrecken oder Ausstattung und Vorbereitung der Feuerwehr und des Katastrophenschutzes, zu bewerten. Letztere Gesichtspunkte zählen nicht zu den Fragestellungen der TSK 2009.

### **3 Analyse und Bewertung der intac-Studie**

Nachfolgend wird die intac-Studie analysiert. Dazu werden, beginnend mit Kapitel 3 der intac-Studie, kritikrelevante Zitate aus der intac-Studie wiedergegeben und anschließend eine Bewertung dieser Kritikpunkte durchgeführt. Die Abschnitte 3.1 bis 3.9 folgen dabei der Reihenfolge dieser Abschnitte in der intac-Studie (Gesamtausgabe vom November 2012) /INT 12b/, die gewählten Überschriften der folgenden Abschnitte entsprechen denen in der intac-Studie.

#### **3.1 Problemstellung und Zielsetzung**

*„Dem Grundansatz der Herangehensweise der GRS, speziell den Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen, ist zu widersprechen. Die für den Transport der radioaktiven Abfälle zu treffenden Schutz- und Vorsorgemaßnahmen sind nach den möglichen Strahlenbelastungen oder Kontaminationen währ-*

*rend des normalen Transportes bzw. nach Transportunfällen zu treffen. Die Wahrscheinlichkeiten ihres Auftretens sind dabei zweitrangig, solange dem Auftreten keine Naturgesetze entgegenstehen bzw. Abläufe, die zu Strahlenbelastungen oder Kontaminationen führen, nicht vorstellbar sind.“*  
/INT 12b/

Durch die einschlägigen Beförderungs- und Strahlenschutzvorschriften (z. B. /IAEA 12/, /ATG 11/, /STR 12/, /ADR 13/, /RID 13/) soll bei der Beförderung von Gefahrgütern der Klasse 7 der Schutz von Mensch und Umwelt gewährleistet werden. Die für den Transport der radioaktiven Abfälle zu treffenden Schutz- und Vorsorgemaßnahmen sind nach diesen Vorschriften zu treffen. Dies geschieht u. a. durch die Festlegung von Grenzwerten sowie Strahlenschutz- und Sicherheitsgrundsätzen. Zusätzlich werden z. B. Aufgaben und Verantwortlichkeiten der Transportbeteiligten und weitere administrative oder organisatorische Sicherheitsmaßnahmen festgelegt. Die Untersuchungen der TSK 2009 setzen die Anwendung dieser Vorschriften voraus.

Es ist üblich und Stand von Wissenschaft und Technik, Risiken – auch Risiken bei der Beförderung radioaktiver Stoffe – durch probabilistische Verfahren zu ermitteln. Diese Rechenverfahren werden seit langem beispielsweise auch im Bereich der Kerntechnik genutzt und sind dort u. a. in den Störfallberechnungsgrundlagen (SBG) /SSK 04/ explizit enthalten und werden auch in den „Sachverständigen-Grundsätzen der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke“ /BMU 01/ als zulässige sicherheitstechnische Bewertungsmethode genannt. Bereits in der ersten Transportstudie von 1991 /GRS 91/ wurden probabilistische Verfahren zur Bestimmung von Transportunfallrisiken angewandt.

Mit der TSK 2009 sollte somit keine sicherheitstechnische Bewertung durchgeführt werden, um etwa aus einer abdeckenden Bewertung Sicherheitsanforderungen zu generieren. Letztere sind bereits nach dem Stand von Wissenschaft und Technik in den einschlägigen Regelwerken niedergelegt. Entsprechend der Zielstellung der TSK 2009 wurde eine realitätsnahe Risikobewertung der Transporte von Abfallbehältern in das Endlager Konrad durchgeführt. Eine abdeckende Methode ist für eine solche Risikobetrachtung nicht geeignet. Daher ist das in der TSK 2009 gewählte probabilistische Verfahren zur Bewertung des Risikos geboten, um sowohl potenzielle Auswirkungen als auch ihre Eintrittswahrscheinlichkeit ausweisen zu können. Ohne die Einbeziehung beider Faktoren ist eine Risikobetrachtung nicht vollständig.

*„Die Entwicklung der Anlieferungsszenarien auf Grundlage der Aussagen der Abfallerzeuger zu den bis Ende 2007 existierenden Abfällen bzw. Abfallgebinden ist dagegen ebenso wenig sinnvoll wie die Beschränkung der Gültigkeit der Studienergebnisse auf die ersten 10 Betriebsjahre des Endlagers. Es müssen für die Betriebszeit des Endlagers abdeckende Anlieferungsszenarien entwickelt werden.“ /INT 12b/*

Siehe hierzu die Ausführungen in Abschnitt 4.4 der TSK 2009: Ziel war zunächst die Betrachtung des ersten Betriebsjahrzehnts mit der Annahme, dass die zum Zeitpunkt der Abfalldatenerhebung vorhandenen Abfälle zuerst eingelagert werden. Für diesen Zeitraum war ein hoher Datenbedeckungsgrad verfügbar, der eine realitätsnahe Analyse ermöglichte. Auf mögliche Änderungen im zukünftigen Abfallspektrum wird beispielsweise auch im Hinblick auf die Zunahme von Stilllegungsabfällen explizit in der TSK 2009 eingegangen.

Auf Grundlage der Prognosen des BfS bezüglich der Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung /BFS 12/ hat die GRS zusätzlich zur TSK 2009 Trendanalysen und Sensitivitätsstudien für zukünftige Abfalltransporte in der Endlagerregion durchgeführt. Betrachtet wurden als Prognoseszenarien die Jahre 2020 und 2040.

Insgesamt verschieben sich die Anteile der Bruttovolumina des endzulagernden Abfallaufkommens entsprechend der Prognoseszenarien so, dass sich der Anteil der Abfälle aus Betrieb und Stilllegung von Kernkraftwerken (KKW) von 30,7 % gemäß TSK 2009 auf 66,0 % im Jahr 2040 deutlich erhöht. Demgegenüber geht der Anteil aus der Forschung stammender Abfälle von 56,1 % auf 28,1 % stark zurück. Ebenfalls kleiner ist der Anteil, der aus der kerntechnischen Industrie stammenden radioaktiven Abfälle mit 2,3 % (TSK 2009: 9,9 %), während der Anteil der Landessammelstellen und der Bundeswehr mit 3,6 % nahezu gleich bleibt (TSK 2009: 3,3 %).

Die schon in der TSK 2009 festgestellte Dominanz des Anteils der KKW an der Gesamtaktivität der in den beförderten Behältern enthaltenen radioaktiven Abfällen mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung verstärkt sich in den Szenarien 2020 und 2040 weiter. Dagegen nehmen die Anteile von kerntechnischer Industrie und Forschung deutlich ab. Auch der Anteil der Abfälle aus Landessammelstellen und der Sammelstelle der Bundeswehr an der Gesamtaktivität würde sich den Prognosen entsprechend leicht verringern. Die Prognoseszenarien zeigen für zylindrische Abfallgebinde eine Zunahme der Behälteranzahl mit höheren Ortsdosisleistungen (ODL) sowohl an der

Behälteroberfläche als auch in 1 m Abstand. Für quaderförmige Abfallgebände ist eine solche Tendenz nicht ablesebar. In Bezug auf die ODL an der Oberfläche nimmt die Anzahl der Gebände mit einer ODL in einem mittleren Bereich von 0,01 mSv/h bis 0,05 mSv/h zu, während die Behälteranzahl mit höheren und mit niedrigeren ODL zurückgeht. Bei der ODL in 1 m Abstand ist auch bei quaderförmigen Abfallgebänden eine Zunahme der Anzahl von Gebäuden mit höherer ODL im Bereich 0,05 mSv/h bis 0,1 mSv/h prognostiziert. Betrachtet man die mittlere Aktivität je Transporteinheit erkennt man dagegen beim Prognoseszenario 2040 eine leichte Verschiebung hin zu kleineren mittleren Aktivitäten pro Transporteinheit im Vergleich zur TSK 2009.

Auf Grundlage der Prognoseszenarien ergeben sich bezüglich potenzieller Strahlenexpositionen beim normalen Transport keine wesentlichen Änderungen bei den Prognoseszenarien 2020 und 2040 im Vergleich zur TSK 2009. Das Niveau potenzieller Expositionen entspricht dem der TSK 2009. Exemplarisch wurde die effektive Dosis für erwachsene Anwohner der Hauptanlieferungsstrecken in 5 m Abstand zur Strecke bei ganzjährigem Aufenthalt im Freien entsprechend der Prognoseszenarien neu berechnet. Im Vergleich zur TSK 2009 ergibt sich dabei nur ein geringer Anstieg von etwa 0,2 % für das Prognoseszenario 2020 sowie von etwa 1,2 % für das Prognoseszenario 2040 im Vergleich zur TSK 2009 bei Annahme eines Transports zu 100 % über Schiene bzw. Straße. Die effektive Dosis steigt somit von 0,025 mSv/a (TSK 2009) auf 0,026 mSv/a (Prognoseszenario 2040) für die beiden hypothetischen Szenarien 100 % Schiene und 100 % Straße. Diese Dosen liegen weit unter dem Grenzwert für die Bevölkerung von 1 mSv pro Jahr.

Die Unfallhäufigkeit mit Freisetzung beim Szenario 80 % Schiene/20 % Straße der TSK 2009 nimmt beim Szenario 2040 geringfügig ab. Sie beträgt beim Szenario 2040  $3,1 \cdot 10^{-3} \text{ a}^{-1}$  (zum Vergleich: 80 %/20 %-Szenario der Transportstudie Konrad 2009:  $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ a}^{-1}$ ). Die Eintrittshäufigkeit, mit der in der Endlagerregion beim Szenario 80 % Schiene/20 % Straße mit einem Transportunfall zu rechnen ist, der ohne Gegenmaßnahmen bei 150 m Entfernung vom Unfallort zu Strahlenexpositionen im Bereich der natürlichen Strahlenexposition eines Jahres in Höhe von etwa 2 mSv/a führen könnte, liegt beim Prognoseszenario 2040 bei ca.  $8,3 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr (zum Vergleich: 80 %/20 %-Szenario der TSK 2009: ca.  $9 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr).

Neben den oben aufgeführten Auswirkungen für die Bevölkerung beim Normaltransport zeigt sich auch bei der Unfallrisikoanalyse, dass auf Grundlage der Prognoseszenarien

sich die Auswirkungen auf etwa dem gleichen Niveau befinden wie bereits in der TSK 2009 dargestellt.

Die TSK 2009 selbst ist wegen der technologischen und regulatorischen Fortentwicklung seit Veröffentlichung der ersten TSK von 1991 /GRS 91/ zur Aktualisierung der bisherigen Studie von 1991 und zur Neubewertung der Sicherheit der Abfalltransporte zum Endlager Konrad erstellt worden und berücksichtigt den Stand bis Ende 2008. Sollten sich in Zukunft weitere technologische oder regulatorische Fortentwicklungen ergeben, kann zur Überprüfung der eventuellen Auswirkungen eine erneute Aktualisierung der Transportstudie durchgeführt werden.

*„Die Anlieferungsszenarien müssen deshalb für die erforderlichen abdeckenden Betrachtungen auf Grundlage der maximal zulässigen Ortsdosisleistung für den bestimmungsgemäßen Transport und dem damit sowie den übrigen Vorschriften vereinbaren maximal zulässigen Radioaktivitätsinventar für die Abfallgebinde entwickelt werden.“ /INT 12b/*

In diesem Zusammenhang sei nochmals darauf hingewiesen, dass in der TSK 2009 vordringlich der Ist-Zustand hinsichtlich des Abfallspektrums dargestellt werden sollte um ein realitätsnahes und doch abdeckendes Bild der radiologischen Abfalleigenschaften abzubilden. Dadurch wurde, entsprechend der Zielstellung der TSK 2009, eine realistische Risikoanalyse durchgeführt. Die Ausschöpfung des maximal zulässigen Aktivitätsinventars und gleichzeitig der maximal zulässigen Ortsdosisleistung ist nach den damaligen Erhebungen für die meisten Gebinde nicht zu erwarten.

*„Die hauptsächliche Betrachtung der Standortregion ist ebenfalls sinnvoll. Zur Bewertung, ob Wege in die Region sinnvoll gewählt und Strahlenbelastungen reduziert werden können, müssen die Transportwege aber bundesweit analysiert werden.“ /INT 12b/*

Weder waren eine bundesweite Untersuchung zu möglichen Beförderungswegen noch die Optimierung von Transportwegen Ziel der TSK 2009, sondern die Abschätzung und Bewertung des mit der Abfallanlieferung verbundenen Transportrisikos in der Standortregion. Die in der TSK 2009 für das Gebiet der Standortregion des Endlagers Konrad mit 25 km Umkreis ermittelten Unfallhäufigkeiten stellen für jeden kleineren Transportabschnitt abdeckende Werte dar. Dies gilt auch – wie in der TSK 2009 erläutert – für andere Transportstrecken von vergleichbarer Länge ohne überdurchschnittliche Gefah-

renbereiche im übrigen Bundesgebiet, auch da hier jeweils nur ein Bruchteil des gesamten Transportaufkommens verglichen mit der Endlagerregion entlanggeführt wird.

### 3.2 Untersuchungsmethodik

#### GRS-Transportstudie, Untersuchungsmethodik unfallfreier Transport

*„Der Vergleich der ermittelten Strahlenbelastungen mit Grenzwerten bzw. relevanten Richt- und Erfahrungswerten ist ebenfalls zielführend. Allerdings muss zusätzlich das Minimierungsgebot nach § 6 StrlSchV zur Bewertung herangezogen werden.“ /INT 12b/*

Die Dosisreduzierung nach § 6 StrlSchV obliegt den Transportdurchführenden und wird insbesondere durch die für die Beförderung vorgeschriebenen Strahlenschutzprogramme umgesetzt. Das Dosisreduzierungsgebot ist unter Berücksichtigung aller Umstände des Einzelfalls umzusetzen und daher auch nur für den Einzelfall als Bewertungsgrundlage heranzuziehen. Daher stellt es im Gegensatz zu den jeweils maßgeblichen Grenzwerten keine Bewertungsgrundlage für die in der TSK 2009 untersuchten Fragestellungen dar, da eine solche Einzelfallbetrachtung in einer Risikostudie nicht erfolgen kann. Die konsequente Anwendung des Dosisreduzierungsgebots ist auf eine integrale Absenkung der Strahlenexposition ausgerichtet, in den Risikobetrachtungen der TSK 2009 wird hiervon jedoch kein Kredit genommen. Dies stellt eine Konservativität für die Ergebnisse der TSK 2009 dar.

*„Zusätzlich wird ein Vergleich mit Strahlenbelastungen anderer Herkunft, auch natürlichen Ursprungs durchgeführt. Ein Vergleich mit Strahlenbelastungen anderer Herkunft (sprich außerhalb des kerntechnischen Bereichs) ist wegen anders gegebener Voraussetzungen methodisch nicht zulässig. Diese Strahlenbelastungen werden freiwillig akzeptiert, wie beispielsweise auch bei den von der GRS herangezogenen Flugreisen. Hier kann jede Person individuell steuern, wie oft sie diese Belastungen auf sich nehmen will.“ /INT 12b/*

*„Mit dem Vergleich mit natürlicher Strahlenbelastung wird auch oft suggeriert, wenn die durch eine Tätigkeit ermittelte Strahlenbelastung geringer ist, sei sie vernachlässigbar. In der GRS-Transportstudie wird der Vergleich*

*nicht begründet und auch keine Hintergründe dazu ausgeführt. Auch durch natürliche Strahlenbelastungen können Krankheiten ausgelöst werden. Als Beispiel sei hier die für Transporte allerdings nicht relevante Belastung durch Radon genannt. [...]“ /INT 12b/*

Unterschiedliche Strahlenexpositionen aus unterschiedlichen Bereichen bzw. durch unterschiedliche Strahlungsarten sind miteinander vergleichbar, wenn sie sich auf die gleiche Einheit beziehen, wie in diesem Fall das Sievert. Zudem sind solche Vergleiche zwischen natürlicher Strahlenexposition und zivilisatorischen Strahlenexpositionen (z. B. kerntechnische Anlagen) auch sonst in der Öffentlichkeit zugänglichen Berichten üblich und Stand von Wissenschaft und Technik. Beispielsweise seien der Jahresbericht Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung /BMU 10a/ oder die jährliche Unterrichtung durch die Bundesregierung zu Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung /BMU 10b/ genannt. Durch die von der GRS gewählten Vergleiche sollen die Größenordnungen der potenziellen Strahlenexpositionen in Relation gesetzt werden, eine Wertung oder gar Verharmlosung der Expositionen wird dadurch nicht suggeriert.

Nicht die natürliche Strahlenexposition – der auch jede Person ausgesetzt ist – sondern geringe Strahlenexpositionen in der Größenordnung von 10 µSv gelten jedoch nach /IAEA 03/ und /IAEA 11/ als vernachlässigbar. Bezüglich des in /INT 12b/ angeführten Beispiels zu potenziellen Radonbelastungen und deren Folgen wird in der intac-Studie selbst ausgeführt, dass dieses gerade nicht relevant für den Transport ist.

### **GRS-Transportstudie, Untersuchungsmethodik Transportunfälle**

*„Außer der Feststellung, dass mit der Unfallrisikoanalyse neben dem Schadensausmaß auch die Schadenswahrscheinlichkeit abgeschätzt werden kann, enthält die GRS-Studie keine Begründung für die Anwendung dieser Methode. [...]“ /INT 12b/*

In der TSK 2009 wird die Anwendung der probabilistischen Unfallrisikoanalyse eingehend begründet; sie ergibt sich bereits aus der Zielstellung, eine Risikoabschätzung durchführen zu wollen. Die TSK 2009 verfolgt das Ziel, Transportsituationen hinsichtlich ihres Ablaufs, ihrer Eintrittswahrscheinlichkeit und ihrer Unfallfolgen in ihrer Gesamtheit zu erfassen und zu beschreiben. Somit werden auch ausdrücklich solche Unfallsituationen berücksichtigt, die ihrer Natur nach zwar relativ unwahrscheinlich sind, bei denen die auslegungsgemäßen Belastungsgrenzen der betroffenen Abfalltrans-

portbehälter aber überschritten und zu einem Verlust der Behälterintegrität und zu Aktivitätsfreisetzungen führen können. Die probabilistische Unfallrisikoanalyse ist vor allen anderen Analysemethoden dadurch gekennzeichnet, dass als Beurteilungskriterium nicht nur das Schadensausmaß, sondern auch die Schadenseintrittshäufigkeit bzw. Schadenswahrscheinlichkeit angegeben werden kann.

*„Im Gegensatz dazu ist die Anwendung der Unfallrisikoanalyse für die Entscheidung über Vorsorgemaßnahmen (bspw. im Rahmen des Notfallschutzes) gegen die Auswirkungen von schweren Verkehrsunfällen unzureichend. Bei Anwendung dieser Methodik werden schwere Unfälle, die physikalisch und technisch durchaus möglich sind, aufgrund der Vorgehensweise bei der Risikoermittlung nicht bis zur Ermittlung von Auswirkungen berücksichtigt. Gerade diese Unfälle können aber zu größeren Freisetzungsraten für radioaktive Stoffe führen.“ /INT 12b/ (und nachfolgende Absätze).*

Wie bereits in Kapitel 2 erläutert, hatte die TSK 2009 zwei Hauptzielrichtungen; Planungen im Sinne des Notfall- bzw. Katastrophenschutzes waren dagegen nicht Gegenstand der Untersuchungen. Jedoch sind auch bei der Notfallschutzplanung gerade abdeckende Methoden nicht sinnvoll, da sie keine Grundlage für die tatsächlich zu erwartenden Erfordernisse bei Eintritt eines Notfalls und eine entsprechende Maßnahmenplanung liefern. Die Methode des „Maximum Credible Accident (MCA)“ betrachtet ein herausgeschnittenes Einzelereignis und wäre daher zwangsläufig subjektiv. Ziel einer Notfallschutzplanung ist es, Aussagen darüber zu treffen, was im Ereignisfall der Notfallschutz alles leisten soll. Daher sind auch in diesem Bereich Risikoanalysen sinnvoll, die ihre Ergebnisse aus einer Vielzahl möglicher – auch sehr seltener oder von den Auswirkungen sehr schwerer – Ereignisse beziehen.

Schwere Unfälle werden durch das Unfallsimulationsmodell der TSK 2009 sehr wohl berücksichtigt. Da jedoch solche Unfälle relativ selten sind, gehen sie nur mit geringerer Wahrscheinlichkeit in die Berechnungen ein. Auch liegen die zugrunde gelegten Unfallbedingungen der Belastungsklassen (z. B. allumhüllender Brand des Behälters mit einer Temperatur von 800 °C über 60 Minuten) teilweise weit über den Auslegungsanforderungen der Internationalen Atomenergieorganisation (IAEO) für unfallfeste Typ B-Behälter. Die Mehrheit der Abfallbehälter wird zudem nur als IP- oder Typ A-Versandstück qualifiziert werden, mit geringeren Anforderungen an die Auslegung als Typ B-Versandstücke.

Eine „Wegmittelung“ findet insofern nicht statt, als dass durch das gewählte und in der TSK 2009 beschriebene Verfahren sichergestellt ist, dass auch solche seltenen Ereignisse mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten (aber hohem radiologischen Gefährdungspotenzial) zwingend berücksichtigt werden (siehe auch Abschnitt 3.8). So enthielten die Quelltermgruppen mit der ungünstigsten radiologischen Bewertung zum Teil nur ein oder zwei Einzelereignisse, wodurch eine in der intac-Studie unterstellte Nichtberücksichtigung schwerer Unfälle gerade verhindert wird.

Die für die Studie verwendete probabilistische Herangehensweise dient der umfänglichen Beschreibung von Unfallhäufigkeiten und den möglicherweise daraus resultierenden radiologischen Konsequenzen. In der TSK 2009 werden diese in Form von kumulativ-komplementären Häufigkeitsverteilungen (CCFD) dargestellt. In diesen sind die potenziellen Expositionen (als effektive Dosis) mit ihren entsprechenden erwarteten Eintrittshäufigkeiten bei gegebenen Abständen zum Unfallort dargestellt. Somit werden im Gegensatz zu der abdeckenden deterministischen Vorgehensweise gerade durch die Verwendung der Probabilistik in der TSK 2009 auch sehr unwahrscheinliche Ereignisse mit einer Eintrittswahrscheinlichkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr (und kleiner) in den Berechnungen und Konsequenzenanalysen berücksichtigt und in den CCFD dargestellt.

Am Beispiel des Referenzszenarios 80 % Schiene/20 % Straße kann gezeigt werden, dass selbst bei einem Unfallereignis mit einer Eintrittshäufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr (das entspricht im Mittel einem Ereignis alle 10 Millionen Jahre) die effektive Lebenszeitdosis für einen Erwachsenen im Abstand von 150 m zum Unfallort maximal etwa 8 mSv betrage, wobei zusätzliche Gegenmaßnahmen die Dosis weiter minimieren könnten. Diese Dosis läge immer noch deutlich unter dem Störfallplanungswert der Strahlenschutzverordnung von 50 mSv.

Für eine Notfallschutzplanung müssten die Ergebnisse an Kriterien und Maßnahmen des Notfallschutzes gespiegelt werden. Für den Notfallschutz gelten jedoch z. T. andere Grundlagen, als in der TSK 2009 verwendet. So müssten beispielsweise Dosiswerte für den Vergleich mit den Eingreifrichtwerten des Katastrophenschutzes auf Basis anderer Expositionspfade und Expositionszeiten berechnet werden. Dadurch würde insbesondere der Beitrag der Ingestion, welcher in den Ergebnissen der TSK 2009 enthalten ist, weggefallen, da der Ingestionspfad durch Verzehrseinschränkungen leicht unterbunden werden kann und deswegen in der Definition der Eingreifrichtwerte ausgeschlossen ist. Hätte die TSK 2009, wie in der intac-Studie unterstellt, ihre Untersuchungen an den Zielen einer Notfallschutzplanung ausgerichtet, wären daher die be-

rechneten Dosen nach einem Unfall kleiner ausgefallen (vgl. dazu auch die CCFD in der TSK 2009, in denen der Ingestionspfad beispielhaft nicht mit berücksichtigt wurde).

*„Die GRS betrachtet kein Schadensausmaß nach terroristischen Akten.  
[...]“ /INT 12b/*

Entsprechend den Zielstellungen der TSK 2009 (siehe Kapitel 2) waren Fragen zu SEWD nicht Gegenstand der Untersuchungen, sondern Fragen der Sicherheit der Transporte beim unfallfreien Transport und bei Unfällen. Dabei wurden sowohl die Bevölkerung als auch das Transportpersonal betrachtet.

Terroristische Akte sind keine Unfälle und sind demnach nicht im Rahmen einer Unfallanalyse zu betrachten. Dieses Risiko muss separat betrachtet werden und ist insbesondere Teil der Genehmigungsvoraussetzung nach § 18 StrlSchV. Weiterhin werden auch durch die Gefahrgut- und Transportvorschriften sowie andere einschlägige Literatur (z. B. /ADR 13/, /RID 13/, /IAEA 12/, /IAEA 08a/) in Abhängigkeit vom beförderten Aktivitätsinventar Vorgaben zu erforderlichen Sicherungsmaßnahmen bei der Beförderung radioaktiver Stoffe gemacht.

Zudem können Arbeiten zu Fragen von SEWD aufgrund der für alle sicherungsbezogenen Arbeiten geltenden rechtlichen Bestimmungen des Geheimschutzes nicht veröffentlicht werden. Da die Transportstudie auch der interessierten Öffentlichkeit frei zugänglich gemacht werden sollte, konnten solche Fragen zu SEWD nicht Gegenstand der veröffentlichten TSK 2009 sein.

### **3.3           Bewertungsgrundlagen**

*„Für die maximal zulässige Dosis für strahlenexponiert beschäftigte Arbeitskräfte von 20 mSv/a wird von GRS angegeben, dass es sich dabei um einen Mittelwert über 5 Jahre handele. Das trifft nach ICRP auch zu. Für Transporte in der Bundesrepublik muss hier aber die Strahlenschutzverordnung herangezogen werden. In § 55 Abs. 1 ist dort der Grenzwert von 20 mSv/a absolut festgelegt, von dem nur im Einzelfall nach Zulassung der zuständigen Behörde abgewichen werden darf [BMU 2008].“ /INT 12b/*

Die Nutzung des Grenzwertes fand in der TSK 2009 widerspruchsfrei zur StrlSchV /STR 12/ statt. Hierbei sei insbesondere auf die Ausführungen in Abschnitt 7.2 der TSK

2009 bezüglich der beförderungsbedingten Strahlenexpositionen des Transportpersonals verwiesen.

*„Der Grenzwert für die effektive Dosis bei Personen aus der Bevölkerung wird von GRS ohne weitere Hinweise mit 1 mSv/a angegeben. Damit wird nahegelegt, dass dieser Wert allein für Belastungen durch Transporte gilt. Dem ist jedoch nicht so. In den IAEA-Empfehlungen war bis 2003 ausdrücklich aufgeführt [IAEA 2003, Par. 306] und ab 2005 indirekt durch die konservativ zu unterstellenden Randbedingungen gefordert [IAEA 2005, Par. 563], Strahlenbelastungen auch aus anderen künstlichen Quellen zu berücksichtigen. Auch in der Strahlenschutzverordnung ist dies in § 46 Abs. 3, sinngemäß auf Transporte übertragbar, so festgelegt [BMU 2008].“*  
/INT 12b/

Die TSK 2009 stützt sich auf den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und somit auch auf aktuelle Empfehlungen, Vorschriften und Gesetze. Daher wurde auch der § 46 der StrlSchV /STR 12/ beachtet. Der in § 46 Abs. 1 StrlSchV definierte Wert von 1 mSv pro Jahr zur Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung aus Tätigkeiten im Sinne der StrlSchV wurde daher als Vergleichswert herangezogen.

In den Transportvorschriften /IAEA 05/, die für die TSK 2009 mit herangezogen wurden, wird in para. 563 sinngemäß ausgesagt, dass radioaktive Güter in einem solchen Abstand von der Bevölkerung befördert werden sollen, dass eine Dosis von 1 mSv pro Jahr nicht überschritten wird. Para. 563 bezieht sich dabei nur auf Transporte und gibt an, dass diese Abstandsberechnung konservativ auszuführen ist. Diese Vorschrift findet sich auch in den aktuellen Transportvorschriften /IAEA 12/ wieder.

Der § 46 Abs. 3 StrlSchV gilt für (ortsfeste) Anlagen und Einrichtungen und wäre für die Beförderung radioaktiver Stoffe nicht zutreffend.

*„Völlig außer Acht lässt die GRS bei den Bewertungsmaßstäben das Minimierungsgebot nach § 6 StrlSchV. [...]“* /INT 12b/

Wie bereits in Abschnitt 3.2 erläutert, stellt das Dosisreduzierungsgebot nach § 6 StrlSchV keinen objektiven Maßstab dar. Wären entsprechende Einzelfallbetrachtungen in der TSK 2009 durchgeführt worden, hätte sich das zudem auf die berechneten Strahlenexpositionen reduzierend ausgewirkt. Daher ist die TSK 2009 konservativer.

*„In Bezug auf den von der GRS herangezogenen Grenzwert von 1 mSv/a (§ 46 StrlSchV) für die Bewertung der Strahlenbelastungen durch die Transporte ist darauf hinzuweisen, dass damit eine höhere Strahlenbelastung als zulässig angesehen wird, als das für Anwohner ortsfester Anlagen mit 0,3 mSv/a (§ 47 StrlSchV) der Fall ist.“ /INT 12b/*

Hier liegt offensichtlich ein Missverständnis vor: Der § 47 StrlSchV gilt für (ortsfeste) Anlagen und Einrichtungen und dient der Begrenzung von Ableitungen radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen auf hierfür vorgesehenen Wegen. Es ist nicht nachvollziehbar, warum dies in den Zusammenhang mit der Beförderung von Abfällen gestellt wird.

*„In den Vorschriften zu Transporten radioaktiver Stoffe gibt es weder national noch international die Festlegung eines Grenzwertes für Transportunfälle. Die GRS hat für die Bewertung der Auswirkungen von Transportunfällen als Bewertungsmaßstab die 50 mSv aus § 49 StrlSchV herangezogen. Dies ist aus rechtlicher Sicht grundsätzlich sachgerecht. Es soll hier aber darauf hingewiesen werden, dass dieser Wert bei der Novellierung der Strahlenschutzverordnung im Jahr 2001 zu hoch festgelegt wurde.“ /INT 12b/*

Bewertungsmaßstab in der TSK 2009 war unter anderem die StrlSchV. Die Anmerkung der intac-Studie, dass der Störfallplanungswert aus § 49 StrlSchV zu hoch sei, weicht sowohl von der derzeitigen StrlSchV als auch vom allgemein anerkannten Stand von Wissenschaft und Technik ab.

### **3.4 Art und Volumen konradgängiger radioaktiver Abfälle**

*„Der Sinn der von der GRS durchgeführten Datenerhebung zu den Abfällen ergibt sich nur aus dem Ziel, eine probabilistische Unfallrisikoanalyse durchführen zu wollen. Für Analysen dieser Art wird nach Stand von Wissenschaft und Technik eine möglichst realistische Darstellung angestrebt. Zum Zeitpunkt der Datenerhebung war jedoch bereits klar, dass nur ein Teil der Abfälle soweit konditioniert und verpackt ist, dass es sich bereits um den Zustand für die Endlageranlieferung handelt.“ /INT 12b/*

Die Datenerhebung zur radiologischen Charakterisierung der Abfälle ist nicht nur für die probabilistische Risikoanalyse wichtig, sondern auch für die Bestimmung der potenziellen Strahlenexposition beim normalen (unfallfreien) Transport, da nach den Erfahrungen der Abfallverursacher nicht für alle Abfallgebinde pauschal von einer Ausschöpfung der durch die Transportvorschriften vorgegebenen Grenzwerte für die Ortsdosisleistung (ODL) auszugehen ist. Auf die Unsicherheiten im erhobenen Datenbestand wird an vielen Stellen der TSK 2009 hingewiesen, ebenso auf die möglichen Auswirkungen durch geänderte Randbedingungen. Bei unsicheren oder nicht belastbaren Daten wurden konservative Annahmen gemacht.

### **3.5 Radiologische Charakterisierung der Abfall- und Transportbehälter**

#### **Bewertung der Datenerhebung**

*„Die Verarbeitung der bei den Abfallproduzenten erhobenen Daten kann mit den Angaben in der GRS-Studie nur begrenzt nachvollzogen werden. [...]“ /INT 12b/*

Aufgrund der großen Fülle an der TSK 2009 zugrundeliegenden Daten und zu vieler Details war es nicht möglich, alle Sachverhalte im Einzelnen in der TSK 2009 darzustellen, da dies zu umfangreich geworden wäre. Es sei jedoch an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass in der TSK 2009 evtl. vorhandene Unsicherheiten in der Datenlage stets so behandelt wurden, dass konservative Werte unterstellt wurden. Das ist in einigen Fällen auch die Ausschöpfung der maximal zulässigen ODL-Grenzwerte.

#### **Bewertung zum Radioaktivitätsinventar**

*„Die GRS gibt für das Radioaktivitätsinventar in den transportierten Abfallgebunden Mittelwerte an. Für einen Teil der Abfallgebinde bzw. Transporteinheiten ist das Inventar also bereits für die von der GRS auf Grundlage der Abfallliefererangaben charakterisierten Abfallgebinde größer als die von ihr angegebenen Werte. Wie groß die maximalen von GRS ermittelten Radioaktivitätsinventare in welchen Behältertypen sind, lässt sich der GRS-Transportstudie nicht entnehmen. Es erfolgt auch keine Zuordnung von Abfallgebindeinventaren zu Behälter- bzw. Verpackungstypen.“ /INT 12b/*

Zur Unfallsimulation wurden die Angaben zur Aktivität der identifizierten Referenzabfälle verwendet. Wie in Abschnitt 8.4 der TSK 2009 beschrieben, ist ein Parameter dieser Simulation die Abweichung vom mittleren Aktivitätsinventar eines Referenzabfalls. Damit werden Streuungen innerhalb eines Referenzabfalls um dessen mittlere Aktivität berücksichtigt. Dazu wurde näherungsweise eine Stufenfunktion verwendet, wonach bei 10 % der Abfallgebinde die Aktivität um einen Faktor 5 gegenüber dem Mittelwert angehoben und bei den restlichen 90 % auf 5/9 abgesenkt wird. Die Gesamtaktivität pro Referenzabfall bleibt dadurch unverändert.

Eine feste Zuordnung von Aktivitätsinventaren zu Behältertypen wurde für alle 153 verwendeten Abfallströme durchgeführt, soweit diese nicht bereits aus der Abfalldatenerhebung feststand, allerdings auf Grund der großen Anzahl nicht im Bericht dargestellt.

*„Bis zur Inbetriebnahme von Konrad 2019 oder später wird die Ausschöpfung der für die Abfallgebinde zulässigen Radioaktivitätsinventare in den dann endgültig verpackten Gebinden weiter erhöht werden [BRODOCH 2011]. Dies wird durch geschickte Kombination von Abfällen und Behältern, andere Konditionierungs-/Verpackungsmethoden oder andere geometrische Anordnungen in den Behältern angestrebt. Die von der GRS erhobene Datenbasis wird damit in weiten Teilen nicht mehr zutreffend sein. Dadurch wird die bereits zur GRS-Transportstudie von 1991 während des Erörterungstermins erfolgte Aussage bestätigt, dass die einzig sinnvolle Vorgehensweise für die Ermittlung möglicher Auswirkungen der Transporte zum Endlager die Unterstellung der zulässigen und physikalisch theoretisch möglichen Maximalwerte für das Radioaktivitätsinventar und für die Ortsdosisleistung der Abfallgebinde ist [INTAC 1997]. Das gilt auf jeden Fall bezüglich möglicher Auswirkungen von Transportunfällen, die Ausgangspunkt für vorsorglich zu planende Notfallmaßnahmen sein sollen.“ /INT 12b/*

Hinsichtlich der Forderung pauschal maximales Aktivitätsinventar und Ausschöpfung der ODL vorauszusetzen, siehe auch die vorherigen Ausführungen in Abschnitt 3.1 hierzu. Die in der intac-Studie zitierte Unterlage „BRODOCH 2011“ erläutert, dass durch die Gesellschaft für Nuklear-Service mbH (GNS) tatsächlich Abfallgebinde teilweise um- bzw. nachkonditioniert werden. Dies diene jedoch dem Zweck, den Störfallsummenwert des Abfallgebundes, der von den Endlagerungsbedingungen Konrad /BFS 10/ gefordert wird, einzuhalten und möglichst um einen Faktor 10 zu unterschrei-

ten /BRO 11/. Dabei sei davon auszugehen, dass durch das Nachkonditionieren der Produktcontainer ein größeres Abfallgebinderolumen entsteht. Auch dies spricht gegen eine pauschale Maximierung von Aktivitätsinventar und ODL aller Abfallgebinder. Bezüglich der Notfallschutzplanung sei nochmals auf die Zielsetzungen der TSK 2009 in Kapitel 2 verwiesen.

*„Bei der Festlegung des Radioaktivitätsinventars der transportierten Abfallgebinder wird von der GRS offenbar nur das Radioaktivitätsinventar der Abfälle berücksichtigt. Die Abfallproduzenten haben jedoch das Ziel, radioaktiv kontaminierte Materialien zur Verfestigung von Abfällen und für Schüttgut zur Hohlraumverfüllung in den Abfallbehältern zu benutzen. [...]“*  
/INT 12b/

In der TSK 2009 wurden alle Angaben zu Aktivitäten und Nukliden in den Abfallbehältern sowie zur Ortsdosisleistung, die im Rahmen der durchgeführten Abfalldatenerhebung von den Abfallablieferungspflichtigen genannt wurden, berücksichtigt. Dies schließt u. a. auch Abfallgebinder mit kontaminiertem Schüttgut usw. ein. Die Nutzung z. B. von kontaminierten Flüssigkeiten zum Anmachen des Fixierungsmittels ist durch die Endlagerungsbedingungen Konrad /BFS 10/ explizit vorgesehen. Solche Nuklide müssen bei der Aktivitätsangabe durch die Abfallablieferer mit berücksichtigt werden. Die Behauptung der intac-Studie, in der TSK 2009 wären solche kontaminierten Stoffe, die beispielsweise zum Verfüllen verwendet werden, nicht berücksichtigt, ist sachlich nicht zutreffend.

### **Bewertung zu Ortsdosisleistungen**

*„Bei der Festlegung der Ortsdosisleistung wurde das oben genannte zusätzliche Radioaktivitätsinventar durch radioaktive Verfestigungsmatrix, Schüttgut und Gussbehälter offenbar ebenfalls nicht berücksichtigt. Der Beitrag dieser Quellen zur Ortsdosisleistung eines Gebindes ist zwar vermutlich klein im Vergleich zu den Abfällen selbst, darf aber ebenfalls ohne Abschätzung der möglichen Dosisleistungswerten nicht vernachlässigt werden.“* /INT 12b/

In der TSK 2009 wurden, wie bereits oben erläutert, alle von den Abfallablieferern gemachten Angaben zu Aktivitäten und Ortsdosisleistung der Abfälle bzw. Abfallgebinder berücksichtigt. Zudem ist der Beitrag durch solche Fixiermittel in Bezug auf Aktivität

und ODL im Vergleich zum (eigentlichen) Inhalt eines Abfallbehälters – wie auch in /INT 12b/ erwähnt – gering. Die Behauptung der intac-Studie, in der TSK 2009 wären solche kontaminierten Stoffe, die beispielsweise zum Verfüllen verwendet werden sollen, nicht berücksichtigt, ist sachlich nicht zutreffend.

### **3.6 Transportszenarien und Beförderungsmodalitäten**

#### **3.6.1 Transportszenarien**

*„Die Zugrundlegung von einem realistischen und zwei theoretischen, die Möglichkeiten begrenzenden Transportszenarien für die Anlieferung über Schiene und Straße ist sinnvoll. Ob das Szenario 80 % Schiene und 20 % Straße tatsächlich realistisch ist bzw. die Grundlage, auf der die GRS die Verkehrsträgeraufteilung festgelegt hat, belastbar ist, muss allerdings hinterfragt werden. Da die tatsächlichen Verkehrsträgeranteile für die angelieferten Transporteinheiten in der von der GRS angewendeten Methodik für die Wahrscheinlichkeit von Unfällen in der Region mit größeren Freisetzungen radioaktiver Stoffe relevant ist, wird die Aufteilung im Folgenden soweit möglich geprüft. [...]“ /INT 12b/*

Aufgrund der für die TSK 2009 durchgeführten umfangreichen Datenerhebung konnte wegen der von den Ablieferungspflichtigen verfolgten Präferenzen davon ausgegangen werden, dass die Abfälle mit einem Anteil von etwa 80 % über den Schienenweg und 20 % die Straße angeliefert werden. Dieses Szenarium wurde daher in der TSK 2009 als Referenzfall betrachtet.

Ergänzend wurden darüber hinaus zwei hypothetische Anlieferungsszenarien (100 % Straße sowie 100 % Schiene) betrachtet, um die Sensitivität und Bandbreite der beförderungsbedingten radiologischen Auswirkungen in Abhängigkeit von etwaigen zukünftigen Änderungen der Abfalltransportbedingungen beurteilen zu können. Dadurch sind zusätzlich auch die beiden möglichen Extrema im Vergleich zum Referenzszenarium betrachtet worden und jede andere Aufteilung der Anlieferung von Abfällen über den Schienen- und Straßenweg abgedeckt.

### 3.6.2 Beförderungsmodalitäten

#### Beförderungsmodalitäten Bahn

*„Die GRS-Studie enthält keine Angaben, ob aus dem Osten oder Südosten kommende Züge die Standortregion bereits auf ihrem Weg nach Seelze durchfahren. Das kann immerhin zwei Abfallablieferer betreffen, von denen eine größere Zahl von Transporten zu erwarten ist, EWN in Greifswald und das Forschungszentrum in Rossendorf. Durch die Erhöhung der Streckenkilometer ergäbe sich auch eine Erhöhung der Unfallwahrscheinlichkeit. Es ist nicht klar, ob die Raillon AG dies nicht als mögliche Strecke angegeben hat oder ob dies von der GRS nicht berücksichtigt wurde.“ /INT 12b/*

Andere Streckenführungen waren in den Laufplänen, die der GRS zur Verfügung gestellt worden sind, nicht angegeben. Weitere Ausführungen können auch Abschnitt 6.2.1 der TSK 2009 entnommen werden.

*„Die für den Rangierbahnhof Seelze angegebene maximale Aufenthaltszeit für Wagons von 6 Stunden erscheint aufgrund früherer Erfahrungen und der geringen Zugfrequenz nach Beddingen nicht für jeden Fall abdeckend. Für den Übergabebahnhof Beddingen macht die GRS in Kapitel 7.1 eine unspezifizierte Angabe über Standzeiten von 1 – 2 Stunden und für das Übergabegleis keine Angabe. Eine Überprüfung bzw. Feststellung der Standzeiten ist ohne Einsicht in die der GRS zur Verfügung stehenden Angaben der Raillon AG nicht möglich. Dies ist jedoch aufgrund früherer Erfahrungen nicht realisierbar.“ /INT 12b/*

Siehe dazu auch Abschnitt 6.2.1 der TSK 2009: Die Belieferungsfrequenz von Seelze nach Beddingen beträgt etwa 5 Güterzüge pro Tag. Eine maximale Umlauf- bzw. Umstellzeit von 6 Stunden wurde daher auch von den beteiligten Unternehmen als realistisch erachtet. Die Umlaufzeit gibt dabei an, wie lange sich der Wagen im Bereich des Rangierbahnhofs aufhält und abgefertigt wird. Das schließt z. B. auch Rangierbewegungen ein. Demgegenüber bezieht sich die Standzeit auf einen tatsächlichen Stillstand des betreffenden Wagens. Für die Berechnungen einer potenziellen Exposition wurde jeweils eine Standzeit von 1 bis 2 Stunden auf dem Rangierbahnhof im geringsten Abstand zur nächsten Wohnbebauung unterstellt.

## **Beförderungsmodalitäten LKW**

*„Die Angaben der GRS zu den Beförderungsmodalitäten für LKW sind nachvollziehbar. Es fehlen jedoch konkrete Angaben über die möglichen Transportstrecken in der Region. [...]“ /INT 12b/*

In Abschnitt 6.2.2 der TSK 2009 wird unter anderem ausgeführt, dass als Transportwege vorrangig außerörtliche Verkehrswege, wie z. B. Bundesstraßen und Bundesautobahnen – auch in der Endlagerregion – in Betracht kommen. In Abschnitt 8.5.2 der TSK 2009 wird zudem exemplarisch der Verlauf einer unter diesen Randbedingungen möglichen langen Straßentransportroute betrachtet, die als konservative Grundlage für die Abschätzung der jährlichen Transportunfallhäufigkeit mit LKW in der Endlagerregion verwendet wurde.

### **3.7 Strahlenexposition der Bevölkerung und des Transportpersonals**

#### **Bewertung allgemein**

*„Für die durch die Transporte in der Umgebung von Konrad strahlenbelasteten Personen ist zu berücksichtigen, dass sie auch durch die radioaktiven Abgaben beim Betrieb des Endlagers betroffen sein können. Dadurch können sich insgesamt durchaus relevante Strahlenbelastungen ergeben. Für den von der GRS zur Bewertung der Strahlenbelastung durch die Transporte herangezogenen Wert von 1 mSv/a ist nach § 46 Abs. 1 StrlSchV die Berücksichtigung aller nach Atomgesetz und Strahlenschutzverordnung genehmigten Tätigkeiten erforderlich (§ 46 Abs. 3 StrlSchV). Darauf wird in der GRS-Transportstudie nicht eingegangen. [...]“ /INT 12b/*

Gemäß Kapitel 1 der TSK 2009 und den bereits in Kapitel 2 genannten Hauptzielen untersucht die GRS-Studie mögliche Risiken beim Transport radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. In die Untersuchungen der TSK 2009 nicht eingeschlossen sind innerbetriebliche Transporte in den ober- und untertägigen Betriebsteilen des Endlagers Konrad. Ebenso sind Abgaben radioaktiver Stoffe, die aus dem Betrieb des Endlagers Konrad resultieren können, nicht Gegenstand der TSK 2009 gewesen.

Gemäß § 46 Abs. 1 StrlSchV beträgt der Grenzwert der effektiven Dosis durch Strahlenexposition aufgrund von Tätigkeiten im Sinne der StrlSchV für Einzelpersonen der

Bevölkerung 1 mSv pro Kalenderjahr. Der § 46 Abs. 3 StrlSchV gilt, wie in Abschnitt 3.3 schon erwähnt, für (ortsfeste) Anlagen und Einrichtungen und wäre für Transporte nicht zutreffend.

### **Bewertung bzgl. Transportstreckenanwohner**

*„Die für Anwohner der Schienen-Transportstrecke von der GRS für 100 % Schienentransport ermittelte Strahlenbelastung (0,025 mSv/a) beträgt etwas mehr als die Hälfte der 1991 ermittelten Strahlenbelastung für die gleiche Personengruppe (0,04 mSv/a). Der Rückgang dürfte weitgehend mit dem Rückgang der jährlich angelieferten Transporteinheiten von 3.400 auf 2.300 zusammenhängen. Nähere Analysen sind mit den Angaben in der GRS-Transportstudie nicht möglich. Warum in der GRS-Transportstudie ein Vergleich der Strahlenbelastung dieser Personengruppe mit der 1991 ermittelten Strahlenbelastung von 0,2 mSv/a für Anwohner des Rangierbahnhofs Braunschweig vorgenommen wurde, ist nicht nachvollziehbar. Es handelt sich um völlig unterschiedliche Belastungssituationen. Der Vergleich ist lediglich geeignet, eine starke Abnahme der möglichen Strahlenbelastung zu suggerieren.“ /INT 12b/*

Der angesprochene Vergleich gilt der betrachteten Personengruppe „Anwohner“. Innerhalb dieser Gruppe gibt es Untergruppen, z. B. „Anwohner Hauptanlieferungsstrecke“ oder „Anwohner eines Rangierbahnhofs“. Es wurde hier die jeweils maximal mögliche Exposition der Personengruppe „Anwohner“ (ohne Berücksichtigung einer speziellen Untergruppe) verglichen. Der Vergleich zeigt, dass nach der TSK 1991 innerhalb der Personengruppe „Anwohner“ die potenzielle maximale Strahlenexposition bei 0,2 mSv/a lag, während sie nach der TSK 2009 bei 0,025 mSv/a liegt (jeweils Szenario 100 % Schienentransport). Da der Bahnhof Braunschweig – wie in der TSK 2009 erläutert – nach damaligem Planungsstand nicht durch Abfalltransporte zum Endlager Konrad berührt wird, entfiel die Personengruppe „Anwohner Rangierbahnhof Braunschweig“ in der TSK 2009. Weiterhin wird im gleichen Abschnitt in der TSK 2009 die mögliche Strahlenexposition der Anwohner des Rangierbahnhofs Seelze/Hannover mit etwa 0,02 mSv/a aufgezeigt (verbunden mit dem Hinweis, dass das Expositionsszenario sich von dem der Anwohner des Rangierbahnhofs Braunschweig aus der TSK 1991 unterscheidet). Die ermittelten potenziellen Strahlenexpositionen für Bevölkerung und Transportpersonal sind in den jeweiligen TSK auch tabellarisch umfassend und nach-

vollziehbar dargestellt. Diese berechneten Expositionen beruhen auf umfangreichen konservativen Berechnungen sowie den vorliegenden Daten und stellen den aktuellen Stand nach Wissenschaft und Technik dar.

### **Bewertung bzgl. Personal Übergabebahnhof Beddingen**

*„Nicht relevant sind die Ausführungen der GRS, dass die ermittelte Strahlenbelastung unterhalb des nach § 55 StrlSchV zulässigen Wertes von 20 mSv/a für strahlenexponiert Beschäftigte liegt. Beim Personal des Übergabebahnhofs Beddingen soll es sich nach allen bisher bekannten Informationen nicht um strahlenexponiert Beschäftigte nach § 54 StrlSchV handeln, für die eine ständige Registrierung der Strahlenbelastung und medizinische Überwachung gefordert ist. Das Personal des Übergabebahnhofs Beddingen ist deshalb als Teilgruppe der allgemeinen Bevölkerung zu betrachten.“*

/INT 12b/

Die TSK 2009 stellt im Kapitel 7 tabellarisch beförderungsbedingt zu erwartende Strahlenexpositionen beim Normaltransport für Bevölkerung und Transportpersonal dar. Diese Angaben beruhen auf verschiedenen Szenarien. Im Text des Abschnitts 7.2 der TSK 2009 ist ausführlich erläutert, dass das Transportpersonal aufgrund der im Zusammenhang mit Transporten zum Endlager Konrad erworbenen Strahlenexpositionen in der Regel nicht als beruflich strahlenexponiertes Personal zu qualifizieren wäre und der Dosisgrenzwert für die Bevölkerung von 1 mSv pro Jahr maßgeblich wäre. Dies gilt auch für das Personal des Übergabebahnhofs Beddingen, dessen erwartete maximale Strahlenexposition beim hypothetischen Szenario 100 % Schienentransport je nach Tätigkeit zwischen 0,06 mSv/a und 0,4 mSv/a läge (vgl. Tabelle 7.3 der TSK 2009).

Einzig im hypothetischen Fall des Szenarios 100 % Straßentransport ergibt sich aufgrund der unterstellten Randbedingungen zur Dosisberechnung für Fahrer von LKW eine Dosis von maximal 1,1 mSv/a. Dabei wurde konservativ von einem kleinen Fahrerpool von nur 40 Fahrern ausgegangen. Erst in diesem hypothetischen Fall wäre eine Einstufung der LKW-Fahrer nach § 54 StrlSchV als beruflich strahlenexponiertes Personal notwendig, sofern keine anderen Lösungen (z. B. Einsatz von mehr Fahrern) möglich sind. Insofern sind die Ausführungen der TSK 2009 bezüglich des Grenzwertes gemäß §§ 54 und 55 StrlSchV für beruflich strahlenexponiertes Personal sehr wohl relevant.

## **3.8 Transportunfallrisiko**

### **3.8.1 Generelle Vorgehensweise**

Dieser Unterabschnitt der intac-Studie verweist bezüglich einer Bewertung auf die nachfolgenden Unterabschnitte.

### **3.8.2 Behälterversagen und Freisetzungsverhalten**

#### **GRS-Transportstudie zu Behälterbelastungen**

*„In drei Klassen wird zusätzlich zu der mechanischen eine thermische Belastung durch ein Feuer bei 800°C über 0,5 Stunden und in drei weiteren Klassen zusätzlich zu der mechanischen eine thermische Belastung durch ein Feuer bei 800°C über 1 Stunde berücksichtigt. Dabei wird von vollständiger Umschließung des Abfallgebindes durch das Feuer ausgegangen. Unfälle, bei denen nur Brände auftreten, werden in die beiden unteren mechanischen Belastungsklassen eingeordnet.“ /INT 12b/*

Die Aussage des letzten Satzes dieses Abschnittes aus der intac-Studie ist nicht korrekt: Wie in Abschnitt 8.2.1 der TSK 2009 beschrieben, werden Unfallereignisse, bei denen ausschließlich ein Brand ohne zusätzliche mechanische Beaufschlagung auftritt, in die kombiniert mechanisch-thermischen Belastungsklassen (BK) 2 oder 3 eingeordnet.

*„Zusammenfassend muss festgestellt werden: Durch die neun Belastungsklassen wird zwar ein großer Teil, aber nicht das ganze für die Behälter mögliche Belastungsspektrum abgedeckt. Dies gilt sowohl für mechanische, wie auch für thermische Belastungen.“ /INT 12b/*

Bei der Zuordnung zu den neun BK in der TSK 2009 wurden verschiedene Annahmen getroffen, die im Abschnitt 8.2.1 der TSK 2009 ausführlich dargelegt sind. Es sollen einige wesentliche Punkte an dieser Stelle nochmal herausgegriffen werden:

Der Aufprall bei mechanischen Ereignissen erfolgt jeweils mit der Obergrenze des Geschwindigkeitsintervalls der BK auf ein hartes und unnachgiebiges Hindernis, mit

dadurch entstehenden z. T. erheblichen Überschätzungen der Unfallgeschwindigkeit. Die spezielle Annahme eines harten und unnachgiebigen Hindernisses ist eine zusätzliche Konservativität. In Bezug auf reale Unfallsituationen stellt dies den oberen Grenzfall dar. Im Allgemeinen sind bei Unfallsituationen nachgiebige oder zerstörbare Flächen, wie z. B. Böschungen oder Gebäude, vorhanden. Ebenso wird eine Dämpfung durch den Güterwagen oder seine Aufbauten oder eine Verringerung der Geschwindigkeit, z. B. durch Rutschen eines Wagens nach dem Entgleisen, nicht berücksichtigt. U. a. auch dadurch werden mögliche Unterschätzungen von seltenen, besonders ungünstig gelagerten Einzelfällen kompensiert. Andere denkbare Versagensmechanismen wie beispielsweise die in /INT 12b/ angesprochene Quetschbelastung können zwar unter Umständen auch bei niedrigen Geschwindigkeiten zu einem Behälterversagen führen, tragen aber auf Grund der vergleichsweise geringen kinetischen Energie im Vergleich zum Versagen bei einem Aufprall mit höherer Geschwindigkeit nicht wesentlich zu einer luftgetragenen Aktivitätsfreisetzung bei.

Unfallereignisse, bei denen ausschließlich ein Brand ohne zusätzliche mechanische Beaufschlagung auftritt, werden in eine BK eingeordnet, die eine kombinierte mechanisch-thermische Beaufschlagung vorsieht. Das genutzte Brandszenario 800 °C für 60 min bei einem allseitig umschließenden Feuer überschreitet die internationalen Prüfvorschriften der IAEO /IAEA 12/ für die unfallsicheren Transportbehälter vom Typ B. Solche Feuer sind gerade bei großen Transportbehältern selbst in gezielten Experimenten nur mit speziellem Aufwand erreichbar. Dadurch werden durch die 60-minütige Brandbeaufschlagung auch extreme Brandsituationen erfasst.

Da die meisten Abfallbehälter für das Endlager Konrad nur als IP- oder Typ-A-Versandstück qualifiziert werden sollen, liegen die in der TSK 2009 angewandten Unfallbedingungen in den Belastungsklassen teilweise weit über denen der IAEO für solche Versandstücke. In extrem seltenen, besonders ungünstig gelagerten Einzelfällen ist es möglich, dass dieses Modell die tatsächlichen Unfallbelastungen unterschätzt. Im Rahmen der realistischen Risikoermittlung, bei der ein großes Spektrum von Unfallkonstellationen betrachtet wird, ist die Vorgehensweise jedoch angemessen vorsichtig. Durch die Risikoanalyse werden nicht nur sehr seltene Einzelereignisse für sich betrachtet sondern gerade auch deren Kombination, was zu sehr extremen und unwahrscheinlichen Szenarien führt. Somit ist die Vorgehensweise der TSK 2009 fachlich richtig und das Spektrum der betrachteten Unfallbelastungen wird durch die Belastungsklassen angemessen erfasst.

## GRS-Transportstudie zu Freisetzungen radioaktiver Stoffe

*„Zunächst fällt auf, dass in die Abfallgebindegruppe 2 metallische Abfälle und nicht fixierte verfestigte ehemals flüssige Abfälle eingeordnet wurden. Bei den ehemals flüssigen Abfällen handelt es sich zum Beispiel um getrocknete Verdampferkonzentrate. Die von der GRS unterstellte gleiche Freisetzungscharakteristik ist für diese beiden Abfallarten zumindest nicht unmittelbar nachvollziehbar.“ /INT 12b/*

*„Ebenfalls nicht nachvollziehbar ist, dass für die Abfallgebindegruppe 8 (Abfälle in Gussbehältern) die Freisetzungscharakteristik für alle Arten von Abfällen gleich sein soll. Dies wäre nachvollziehbar, wenn die Gussbehälter in keiner Unfallsituation versagen würden und lediglich durch die Dichtungen Freisetzungen stattfinden könnten. Diese Annahme ist zumindest für die Belastungsklassen mit einer Aufprallgeschwindigkeit von über 80 km/h fraglich.“ /INT 12b/*

Die Zuordnungen zu den Abfallgebindegruppen (AGG) in der TSK 2009 werden in der intac-Studie teilweise verkürzt wiedergegeben. So lautet die Definition der AGG 2 (siehe auch Abschnitt 8.2.2 der TSK 2009): Unfixierte und nicht kompaktierbare metallische und nichtmetallische Abfälle (einschließlich Verdampferkonzentrate) in Stahlblechcontainern oder Betonbehältern. Die Zuordnung erfolgte dabei in Anlehnung an die Abfallproduktgruppen (APG) der Endlagerungsbedingungen Konrad /BFS 10/. Zudem wird in der TSK 2009 erläutert, dass unfallbedingte Freisetzungen nicht nur von den Eigenschaften der in Abfallbehältern befindlichen Abfallprodukte sondern auch von den Eigenschaften der Transportbehälter abhängig sind. Die für jede Abfallgebindegruppe gewählten Freisetzungsfaktoren orientieren sich grundsätzlich am ungünstigsten Abfalltyp, so dass alle anderen Abfalltypen einer AGG (im hier genannten Fall zum Beispiel metallische Abfälle) konservativ abgedeckt sind.

Die in der TSK 2009 verwendeten Freisetzungsanteile beruhen nicht nur auf den AGG, sondern sind zudem abhängig von den BK, den Radionukliden und (bei Aerosolen) der Partikelgröße, ausgedrückt als aerodynamischer Äquivalentdurchmesser (AED). Dies ist auch unmittelbar den entsprechenden Tabellen 8.2 und 8.3 der TSK 2009 zu entnehmen.

*„Die sonstige Zuordnung erscheint plausibel. Inwieweit sie auch bei der anschließenden Ermittlung der Freisetzungsteile sachgerecht umgesetzt wurde, lässt sich mit den Angaben in der GRS-Transportstudie nicht nachvollziehen. Zur weiteren Ermittlung der Freisetzungsteile werden in der GRS-Transportstudie mit Ausnahme eines Literaturhinweises zu Versuchen mit mechanischer Belastung von zwei Abfallarten [LAN 2007] keine Angaben gemacht. In den Tabellen 8.2 und 8.3 der GRS-Transportstudie werden dann Freisetzungsteile aufgeführt. Ihr Zustandekommen ist nur für einen sehr kleinen Teil für mechanische Belastungen nachvollziehbar. Auf welcher Basis die Annahmen für durch thermische Belastung verursachte Freisetzungsteile getroffen wurden, ist der GRS-Transportstudie nicht zu entnehmen. Es ist zum Beispiel von zentraler Bedeutung, wie die Vorschädigung durch mechanischen Lasteintrag bei den Belastungsklassen mit Bränden in die Freisetzungsbetrachtungen eingegangen ist.“*  
/INT 12b/

Die Freisetzungsteile wurden im Wesentlichen an den neueren Erkenntnisstand zu mechanischen Freisetzungsmechanismen angepasst, wozu auch ein entsprechendes Literaturzitat eingefügt wurde. Brandbedingte Freisetzungsteile wurden von der TSK 1991 /GRS 91/ übernommen. Ein Vergleich der Freisetzungsteile mit aktuelleren britischen Auswertungen /NIR 00/ zeigt jedoch, dass die gewählten Werte für Brandeinwirkungen auch nach aktuellem Stand von Wissenschaft und Technik weiterhin plausibel sind.

*„Die Bestimmung der bei Transportunfällen freigesetzten Radioaktivitätsanteile ist generell mit großen Unsicherheiten verbunden. Experimentelle Untersuchungen und theoretische Modellrechnungen zum Freisetzungverhalten führen zu Ergebnissen, die für bestimmte, definierte Randbedingungen gelten und weisen meist einen größeren Schwankungsbereich auf. Eine Übertragung auf die unfallspezifischen Behälter und Abfallmatrixbelastungen sowie die dort vorhandenen Randbedingungen ist schwierig und muss entsprechend konservativ vorgenommen werden. Wie dies in der GRS-Transportstudie geschehen ist, lässt sich nicht nachvollziehen.“* /INT 12b/

*„In [LAN 2007] werden Versuche mit simulierten zementierten und pulverförmigen Abfällen in den Größen von kleinen Proben bis zu 200-l-Fässern beschrieben. Aus den verschiedenen Versuchsreihen werden für mechani-*

*sche Belastungen Freisetzungsteile von  $3 \cdot 10^6$  für Zement und  $4 \cdot 10^5$  für Pulver abgeleitet. Inwieweit dies für die verwendeten Testobjekte repräsentativ bzw. ausreichend konservativ ist, lässt sich aus der Veröffentlichung nicht ersehen.“ /INT 12b/*

Die Wahl der Freisetzungsteile wird in der TSK 2009 /GRS 10/ aus Platzgründen nicht im Detail dargestellt. Es wurde jedoch durchgehend der Grundsatz berücksichtigt, dass bei Daten mit Unsicherheiten oder einem relevanten Schwankungsbereich entweder eine entsprechende probabilistische Berücksichtigung oder aber eine konservative Parameterwahl zu erfolgen hat. So wurde beispielsweise bei unfixierten Abfällen oder Abfallanteilen konservativ eine pulverförmige Konsistenz unterstellt, die zu entsprechend hohen luftgetragenen Freisetzungswerten führt.

*„Es gibt in dieser Veröffentlichung auch keine genaueren Angaben zum Material der Testobjekte. Insofern stellt sich die Frage, ob zum Beispiel die Zementsorte, deren Wassergehalt und die Druckfestigkeit des Abfallmatrixkörpers für die in der Bundesrepublik Deutschland zu transportierenden Abfallgebinde in Bezug auf Freisetzungverhalten abdeckend sind. Auch die Frage, ob bei gleichen Energieeinträgen durch mechanische Belastung Unterschiede zwischen Aufprall und Quetschen bestehen ist mit dem Hinweis auf einen Schwellenwert für den Freisetzungsbeginn in [LAN 2007] nicht nachvollziehbar beantwortet. Hierzu gibt auch die dort zitierte Veröffentlichung keine Auskunft, in der die in Bezug genommenen Versuche beschrieben werden [KOCH 2004].“ /INT 12b/*

Siehe hierzu die obigen Aussagen zum Grundsatz der konservativen Wahl von Freisetzungsteilen sowie die Erläuterungen zu Quetschbelastungen.

*„Der GRS-Transportstudie ist nicht zu entnehmen, dass Freisetzungsteile aus kontaminiertem Matrix- oder Verfüllmaterial (zum Beispiel mit radioaktiver Flüssigkeit angemachter Zement oder kontaminiertes Schüttgut zur Ausfüllung von Hohlräumen) berücksichtigt sind.“ /INT 12b/*

Die Freisetzungsteile beziehen sich auf den (Aktivitäts-)Inhalt einer Transportverpackung, der nach Beschädigung der Verpackung anteilig im Verhältnis zum Gesamtinhalt freigesetzt wird. Dabei ist es unerheblich, ob nur Teile des Inhalts radioaktive Nuklide enthalten oder der gesamte Inhalt der Verpackung. Demzufolge werden auch Nuk-

lide berücksichtigt, die z. B. aus kontaminiertem Schüttgut stammen. Es sei auch nochmals auf Abschnitt 3.5 verwiesen: Es wurden alle Angaben zu Aktivitäten und Nukliden der Abfalllieferer berücksichtigt.

### **3.8.3 Unfallhäufigkeiten und Unfallschwere**

#### **GRS-Transportstudie zur Unfallhäufigkeit Schienenverkehr**

*„Die GRS-Studie enthält keine Betrachtungen, inwieweit die Unfallstatistiken für den Güterzugverkehr bis 2001 trotz Zunahme des Zugverkehrs auf 2009 übertragbar sind.“ /INT 12b/*

In Abschnitt 8.3.1 der TSK 2009 wird in der Abb. 8.1 die Unfallrate von Güterzügen mit Sachschäden über 1500 € für die Jahre 1979 bis 2001 gezeigt. Dem Diagramm kann entnommen werden, wie sich für die Jahre 1979 bis 2001 die Unfallrate für Güterzüge entwickelt hat. Eine Tendenz eines Anstiegs oder einer Abnahme der Gesamtunfallrate lässt sich über diesen Zeitraum von 23 Jahren nicht entnehmen. Eine ggf. abnehmende Tendenz der Unfallrate wird auch durch die Anwendung einer konstanten monetären Relevanzgrenze von 1500 € unterdrückt, weil aufgrund der zwischenzeitlichen Teuerung zunehmend Unfälle im Bagatellbereich erfasst werden.

*„Eine Bagatellgrenze von 3.000 DM bzw. 1.500 EUR muss bei der Robustheit der Güterwagons nicht bedeuten, dass der Schaden am Transportgut ebenfalls gering ist. Außerdem ist den Ausführungen der GRS nicht zu entnehmen, dass in den Statistiken auch Unfälle erfasst sind, bei denen zwar der Güterwagon intakt blieb, aber das Transportgut beschädigt wurde. Die GRS-Behauptung, dass bei den Bagatellereignissen eine Beeinträchtigung der Ladung ausgeschlossen werden kann, ist in der Studie nicht belegt.“ /INT 12b/*

*„Die Berücksichtigung der Bagatellgrenze bedeutet, dass Unfälle, die wenig Schaden am Wagon zur Folge hatten, nicht in die Ermittlung der Unfallwahrscheinlichkeit eingingen. Damit ist die Unterstellung der jeweils höchsten Geschwindigkeit zumindest in den beiden Belastungsklassen mit den Geschwindigkeiten bis 80 km/h nicht mehr konservativ, sondern realistisch und damit notwendig.“ /INT 12b/*

Die Relevanzgrenze von 3000 DM bzw. 1500 € für Schäden an den Fahrzeugen wurde gewählt, da unterhalb dieses Schadens praktisch immer ausgeschlossen werden kann, dass im Falle von beförderten Abfallgebinden eine Freisetzung erfolgt. Durch die Annahme einer konstanten Relevanzgrenze von 1500 € werden aufgrund der Teuerung zunehmend auch Unfälle im Bagatellbereich erfasst. Im Sinne einer abdeckenden Vorgehensweise wurde dabei in Kauf genommen, dass mit dieser Relevanzgrenze auch Unfallereignisse erfasst sind, bei denen – trotz Beschädigungen am Fahrzeug – die Abfallbehälter ohne weiteres standhalten.

In der gleichen Richtung wirkt sich aus, dass die Geschwindigkeit des Fahrzeugs vor dem Unfall und die damit einhergehende kinetische Energie der Abfallbehälter im Allgemeinen eine obere Grenze für die einwirkende Aufprallbelastung darstellt. Die ist insbesondere der Fall, wenn es sich – wie in der TSK angenommen – um einen Aufprall auf eine harte unnachgiebige Fläche handelt. In Bezug auf reale Unfallsituationen stellt dies den oberen Grenzfall dar. Auch die Einordnung von Unfallereignissen in die Belastungskategorien wirkt sich überschätzend aus, da bei der Ermittlung von Unfallauswirkungen jeweils angenommen wird, dass die Unfallbelastung derjenigen der Intervallobergrenze entspricht. Ein Unfall bei einer Geschwindigkeit von 40 km/h würde in die BK mit dem Geschwindigkeitsintervall 36 km/h bis 80 km/h eingeordnet werden. Für die Modellierung von Unfallauswirkungen würde er entsprechend der Intervallobergrenze konservativ wie ein Unfall mit einer Geschwindigkeit von 80 km/h behandelt werden, obwohl bei letzterem die kinetische Energie um einen Faktor 4 größer ist, als beim ursprünglichen Unfallvorgang.

*„Bereits die Beschränkung der Betrachtungen auf tatsächlich registrierte Unfälle ist eine Einschränkung des Gefahrenhorizontes. Es gibt mehr Beinaheunfälle als registrierte Unfälle. Nach Eisenbahnbundesamt (EBA) stellen die tatsächlichen Unfälle nur die Spitze eines Eisberges dar. Deshalb bezieht das EBA bei seiner Ursachenforschung auch gefährliche Ereignisse ein, die nicht zu Sachschäden durch einen Unfall geführt haben [EBA o.D.]“ /INT 12b/*

Dem in der intac-Studie als [EBA o.D.] zitierten Vortrag /EBA 04/ ist zu entnehmen, dass die erwähnten Beinahe-Zusammenstöße als gefährliche Unregelmäßigkeiten gelten, die die Sicherheit zwar tangieren, aber sonst keine Folgen nach sich ziehen (insbesondere keine Schäden). Im Gegensatz dazu führen Bahnbetriebsunfälle (z. B. Entgleisungen oder Zusammenstöße) zu Personen- und/oder Sachschäden. Der Ansatz

der Unfallursachenforschung, den der genannte Vortrag zum Thema hat, ist auf eine Unfallrisikoanalyse nicht ohne weiteres übertragbar, da in beiden Gebieten unterschiedliche Ziele verfolgt werden. Für eine Unfallrisikoanalyse sind nur Ereignisse relevant, die zu einem Schaden führen. Beinahe-Zusammenstöße gehören somit nicht dazu.

*„Bei der Bewertung der Unfallhäufigkeit zur Ermittlung des Unfallrisikos hat GRS die mechanische Belastung der Unfälle aus der Unfallstatistik für den Rangierverkehr alle dem höchsten Wert von 35 km/h der entsprechenden Belastungsklassen zugeordnet. Weil dadurch die Belastung für eine Vielzahl von Unfällen überschätzt wird, hält GRS eine eventuelle Unterschätzung bei im Einzelfall schneller gefahrenen Zügen für mehr als kompensiert. Dem kann jedoch nur gefolgt werden, wenn es sich um eine auf die Häufigkeitsverteilung bezogene statistische Aussage handelt und die Widerstandsfähigkeit des betroffenen Behälters mit zunehmender Geschwindigkeit linear abnimmt. Liegt die Versagensgrenze des Behälters gerade bei 35 km/h, erfolgt keine Kompensierung und die möglichen Auswirkungen werden massiv unterschätzt. Eine Versagensgrenze von 35 km/h bei einem Aufprall und weniger als 35 km/h bei einer Quetschung kann aber für einige Behältertypen unterstellt werden [PSE 85], [GÖK 1991].“ /INT 12b/*

Mit Ausnahme der AGG 6 und 7 (Betonbehälter) gibt es in der TSK 2009 keine unterstellte Versagensgrenze der Behälter bei 35 km/h. Vielmehr wird ein teilweises Versagen des Behälters auch bereits in der untersten Geschwindigkeitsklasse unterstellt. Die Rückhaltewirkung des Behälters nimmt mit zunehmender Aufprallgeschwindigkeit kontinuierlich ab. Insofern ist bei diesen AGG auch die erwähnte Quetschbelastung bereits abgedeckt (vgl. Abschnitt 3.8.2). Bei den sehr robusten Betonbehältern könnte ein größerer Unterschied der Freisetzung zwischen der untersten Geschwindigkeitsklasse und der mittleren Geschwindigkeitsklasse gemäß den Modellannahmen höchstens dann konstruiert werden, wenn eine Quetschbelastung durch eine sehr große aufliegende Masse bei gleichzeitig länger anhaltendem Brand unterstellt würde. Das Aufliegen einer großen Masse würde allerdings einen allseitig umhüllenden Brand mit hoher Temperatur verhindern, so dass dieses Szenario letztlich ausgeschlossen werden kann. Insofern ist die in /INT 12b/ bemängelte Vernachlässigung unwahrscheinlicher aber nicht völlig auszuschließender Unfallszenarien beim Rangierbetrieb mit über 35 km/h weiterhin vertretbar.

## **GRS-Transportstudie zur Unfallhäufigkeit Übergabebahnhof Beddingen**

*„Die von GRS behauptete Konservativität ihrer Annahmen für thermische Belastungen kann auf Grundlage der Angaben in der GRS-Transportstudie nicht beurteilt werden. Eine Aussage hierzu müsste auf einer Auswertung von Unfallstatistiken für Rangierbahnhöfe in Deutschland beruhen. Dies wird in der Studie jedoch nicht erwähnt.“ /INT 12b/*

Die Übernahme der relativen Anteile thermischer Belastungen an der Gesamthäufigkeit von Rangierunfällen vom normalen Güterzugbetrieb im Sinne einer konservativen Abschätzung wird in TSK 2009 /GRS 10/ damit begründet, dass einzelne brandauslösende Abläufe, wie heißgelaufene Achslager oder Bremsen, beim Rangierbetrieb im Gegensatz zum normalen Güterverkehr nicht auftreten können und der Anteil von Wagen mit Brandlasten identisch ist. Die Auswertung von Unfallereignissen am Rangierbahnhof Braunschweig stützt diese Abschätzung. Eine Betrachtung aller Rangierbahnhöfe in Deutschland ist daher nicht notwendig, zumal der dafür notwendige Aufwand unangemessen wäre.

## **GRS-Transportstudie zur Unfallhäufigkeit im Straßenverkehr**

*„Die Ermittlung der Gesamtunfallrate für relevante Unfälle ist offenbar für den LKW-Verkehr einfacher als für den Bahnverkehr. Allerdings wird weder aus den Angaben der GRS noch aus den Angaben auf der Internetseite der Bundesanstalt für Straßenwesen klar, ob die Kriterien der Unfallzählung für den hier relevanten Zweck geeignet sind. Nach den Angaben ist zu vermuten, dass sich beide oben genannten Unfallkategorien auf Personenschaden bzw. Personenverhalten beziehen. In diesem Fall wäre die Nutzung ohne zusätzliche Auswertungen zumindest problematisch.“ /INT 12b/*

*„Der GRS-Transportstudie ist auch nicht zu entnehmen, welche Angaben den Unfallstatistiken zur Zuordnung der Unfälle zu Belastungsklassen zu entnehmen sind. Eine eigene Recherche bei der Bundesanstalt für Straßenwesen hat diesbezüglich ebenfalls keine Ergebnisse gebracht.“ /INT 12b/*

Zur Bewertung des Transportrisikos beim Straßenverkehr sind in der TSK 2009 im Wesentlichen zwei eingrenzende Sachverhalte herangezogen worden. Diese beziehen

sich auf die betrachteten Transportfahrzeuge und die zu Grunde gelegten Transportstrecken:

1. Transportfahrzeuge:

Aufgrund des Gewichtes der vorgesehenen Transporteinheiten von bis zu 20 Mg kommen für den Straßentransport lediglich LKW und Sattelfahrzeuge in Frage.

2. Transportstrecken:

Es ist davon auszugehen, dass der größte Teil der Abfalltransporte über den Transportweg Bundesautobahn erfolgt. Zudem sind in der unmittelbaren Umgebung des Endlagers Konrad die voraussichtlich für die Anlieferung genutzten Strecken autobahnähnlich ausgebaut und daher in ihrer Unfallcharakteristik mit Autobahnen vergleichbar.

Die Verwendung dieser beiden Randbedingungen grenzt die Auswertung der Unfallstatistik auf die Fahrzeugkategorie „LKW mit mehr als 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht mit Anhänger sowie Sattelfahrzeuge“ und die Straßenkategorie „Bundesautobahn“ ein. In der TSK 2009 wurden Daten der Jahre 2000 und 2005 herangezogen, die im Rahmen einer Sonderauswertung von der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) aufbereitet worden sind. Anhand dieser Datengrundlage erfolgte die Ermittlung der Gesamtunfallrate. Dabei wurden die Unfallzahlen des gesamten Bundesgebietes, sowie die Fahrleistungen und Unfälle ausländischer Fahrzeuge auf deutschen Autobahnen mit einbezogen.

Da die Fahrleistung für die Fahrzeugkategorie Sattelzugmaschinen nicht gesondert bekannt war, musste die Auswertung der Fahrleistung anhand der Fahrzeugkategorie „LKW mit mehr als 3,5 t zulässigem Gesamtgewicht mit Anhänger sowie Sattelfahrzeuge“ erweitert werden. Diese Vorgehensweise belastet die Unfallrate durch leichtere und häufig in Unfälle verwickelte Fahrzeuge wie z. B. Kleintransporter, obwohl diese für den Transport von Abfallgebinden für das Endlager Konrad nicht geeignet sind.

Nicht jeder Unfallhergang, der durch die amtlich bestimmte Unfallrate erfasst wird, ist überhaupt geeignet, zu einer Beschädigung der Abfallgebinde zu führen. Die amtliche Statistik ermöglicht jedoch ausschließlich eine Unterscheidung von „Unfällen mit Personenschaden“, „Schwerwiegenden Unfällen mit Sachschaden“ und „Sonstigen Unfällen mit Sachschaden“. Auf Grund der Geringfügigkeit der auftretenden Belastungen ist davon auszugehen, dass in der Folge eines Unfalls der Kategorie „Sonstige Unfälle mit Sachschaden“ keine freisetzungrelevante Beeinträchtigung der Ladung auftritt. Daher

erfolgte die Bestimmung der Gesamtunfallrate anhand der Gruppen „Unfälle mit Personenschaden“ und „Schwerwiegende Unfälle mit Sachschaden“. Nach der Verordnung zur näheren Bestimmung des schwerwiegenden Unfalls mit Sachschaden im Sinne des Straßenverkehrsunfallstatistikgesetzes (StVUnfStatG1990V) /STV 07/ fallen unter die Gruppe „Schwerwiegender Unfall mit Sachschaden“ Unfälle, bei denen als Unfallursache eine Ordnungswidrigkeit bzw. Straftat in Betracht kommt und mindestens ein Unfallfahrzeug aufgrund des Unfallschadens abgeschleppt werden muss bzw. einer der Unfallbeteiligten ohne Rücksicht auf die Art des Sachschadens unter Alkoholeinfluss gestanden hat. Aufgrund der beschriebenen Abgrenzung ist davon auszugehen, dass auch solche Unfälle bei der Berechnung der Unfallrate erfasst wurden, bei denen der tatsächliche Schadensumfang an der Ladung die Relevanzgrenze unterschreitet. In der TSK 2009 wurde anhand dieser Kriterien eine Gesamtunfallrate von  $2,9 \cdot 10^{-7}$  pro Kilometer ermittelt.

Eine Zuordnung der Unfälle zu Belastungsklassen setzt eingehende Untersuchungen hinsichtlich verschiedener Unfallabläufe voraus und ist alleine durch die Berücksichtigung amtlicher Statistiken nicht durchführbar. Für die TSK 2009 wurde im Wesentlichen auf frühere Auswertungen zurückgegriffen, die bereits in die TSK 1991 eingingen. Aufgrund der oben dargelegten Ausführungen sind die Annahmen in der TSK 2009 konservativ.

#### **3.8.4 Transportunfallsimulation – Quelltermbestimmung**

*„Durch die von der GRS wegen der Methodik zwangsweise vorgenommene Mittelwertbildung in den einzelnen Quelltermgruppen zu Freisetzungsklassen können gerade die Unfallabläufe mit den größten radiologischen Folgen „wegfallen“. In welchem Umfang dies für die GRS-Transportstudie zutreffend ist, könnte nur mit erheblichem Zeitaufwand und Einsicht in die von der GRS hierzu erstellten Unterlagen bewertet werden.“ /INT 12b/*

Die Bildung der Freisetzungsklassen ist in der TSK 2009 in Abschnitt 8.4.4 ausführlich beschrieben. Aufgrund der großen Zahl von simulierten Quelltermen ist für weitere Berechnungen eine Zusammenfassung notwendig. Ziel ist, eine begrenzte Anzahl repräsentativer Quellterme bzw. Freisetzungsklassen zu erhalten. Diese Zusammenfassung erfolgte getrennt für die unterschiedlichen Beförderungsszenarien.

Getrennt nach rein mechanischen und kombiniert mechanisch-thermischen Belastungsklassen wurden die Quellterme zunächst radiologisch bewertet und sortiert. Anschließend wurden für beide Typen von Belastungsklassen Quelltermgruppen gebildet. Dabei wurden Quellterme mit annähernd gleicher radiologischer Bedeutung zusammengefasst. Unter Berücksichtigung der bedingten Eintrittswahrscheinlichkeiten der Quellterme einer Quelltermgruppe wurde dann ein gemittelter repräsentativer Quellterm – eine Freisetzungsklasse – gebildet.

Das in der intac-Studie angesprochene Problem der allgemein möglichen Mittelwertbildung innerhalb von Gruppen oder Klassen wurde in der TSK 2009 durch den folgenden Ansatz gelöst: Die ermittelten Quellterme wurden anhand ihrer potenziellen radiologischen Konsequenzen mit einer Bewertungszahl versehen, wobei diese umso größer ist, je höher die radiologische Konsequenz ist. Die Zusammenfassung dieser Quellterme geschah nicht in Klassen gleicher Intervallgröße, sondern es wurden speziell angepasste Wahrscheinlichkeitsintervalle verwendet (siehe auch Tab. 8.9 der TSK 2009). Die Intervallgröße einer Klasse bzw. Quelltermgruppe wurde so abgestuft, dass gerade bei der Zusammenfassung von Quelltermen mit hohen radiologischen Bewertungszahlen die innerhalb einer Quelltermgruppe zusammengefassten Quellterme keine große Bandbreite der radiologischen Bewertungszahl aufweisen. Dadurch sollte erreicht werden, dass bei weiterer Nutzung der Freisetzungsklassen diese Repräsentativität – insbesondere bei Quelltermen, mit denen höhere Strahlenexpositionen verbunden sind – sichergestellt ist. Je kleiner diese Bandbreite ist, desto geringer fallen ggf. Mittelungseffekte aus. So enthielten die Quelltermgruppen mit der ungünstigsten radiologischen Bewertung zum Teil nur ein oder zwei Einzelereignisse. dadurch wurde gerade bei diesen ungünstigen Quelltermen sowohl ein „Wegmitteln“ als auch ein „Wegfallen“ vermieden.

Die Berechnung des Repräsentanten einer Quelltermgruppe erfolgte durch gewichtete Summierung der enthaltenen Quellterme entsprechend der bedingten Eintrittswahrscheinlichkeit jedes Quellterms. Damit erhalten sowohl Quellterme mit hohem Aktivitätsinventar als auch solche mit hoher bedingter Eintrittswahrscheinlichkeit einen entsprechend hohen Anteil an der Radionuklidzusammensetzung und –aktivität der so gebildeten Freisetzungsklasse.

### 3.8.5 Unfallhäufigkeiten mit Freisetzungen

*„Aus den Darstellungen in der GRS-Transportstudie ist nicht ersichtlich, wie die Möglichkeit von Güterzugunfällen auf dem letzten Teilstück von Beddingen zur Schachanlage berücksichtigt wurde. Gewährleistet wäre diese Berücksichtigung nur, wenn dieser Streckenabschnitt in der angenommenen Kilometerzahl für die Güterzüge in der Standortregion enthalten wäre. In diesem Fall wäre die Strecke konservativ berücksichtigt. Darauf gibt es aber mit Ausnahme der möglichen Deutung von Abbildung 8.9 der GRS-Transportstudie keinen Hinweis.“ /INT 12b/*

In besagter Abb. 8.9 der TSK 2009 ist der betrachtete Streckenabschnitt zur Veranschaulichung (grau hervorgehoben) eingezeichnet. Es ist zu erkennen, dass diese Kennzeichnung der Strecke vom Rand des betrachteten 25 km-Umkreises im Nordwesten über Beddingen hinaus bis hin zur Schachanlage Konrad (markiert mit einem roten Punkt) führt. Zudem wird bereits in Abschnitt 8.1 der TSK 2009 erläutert, dass sowohl für Schienen- als auch für Straßentransporte die innerhalb des 25 km-Umkreises zurückgelegte Fahrstrecke bis zum Erreichen des Endlagers zugrunde gelegt wurde. Die Ausführungen der intac-Studie bezüglich des berücksichtigten Transportweges für Züge sind sachlich nicht zutreffend.

*„Die ermittelten Unfallhäufigkeiten zeigen, dass ein Unfall mit Freisetzungen für den Straßenverkehr deutlich wahrscheinlicher ist als für den Schienenverkehr. Daraus folgt unmittelbar eine große Abhängigkeit der Gesamtunfallhäufigkeit vom gewählten Transportszenario. Bei einer Verschiebung von 80 % Schiene / 20 % Straße zu einem höheren Straßenanteil erhöht sich auch rasch die Gesamtunfallhäufigkeit. In Kapitel 3.6.1 dieser Stellungnahme wird gezeigt, dass eine solche Verschiebung zu einem größeren LKW-Anteil sehr plausibel ist.“ /INT 12b/*

Die umfangreiche Datenerhebung bei den Abfallablieferern für die TSK 2009 ergab, dass aufgrund der von den Abfallablieferern verfolgten Präferenzen von einer Beförderung der Abfälle zu etwa 80 % über den Schienenweg und etwa 20 % über die Straße erfolgen wird. Dieses Szenarium wurde daher in der TSK 2009 als Referenzfall betrachtet. Einer möglichen Verschiebung der Anteile der Verkehrsträger am Szenario 80 % Schiene/20 % Straße wurde durch die GRS in der TSK 2009 durch die zusätzliche Betrachtung der hypothetischen Szenarien 100 % Schiene sowie 100 % Straße

Rechnung getragen. Dadurch wird die gesamte Bandbreite einer möglichen Verschiebung der Anteile eines Verkehrsträgers durch die TSK 2009 abgedeckt. Für alle drei Szenarien – auch für die hypothetischen – wurden Berechnungen zum Transportunfallrisiko durchgeführt und umfassend dargestellt.

### **3.8.6 Radiologische Unfallfolgen**

#### **Bewertung**

*„Durch die Berücksichtigung der Witterungsbedingungen mittels statistischer Verteilungen werden zum einen die Wahrscheinlichkeiten für bestimmte Strahlenbelastungen weiter verringert und zum anderen weniger häufige Wetterlagen (z.B. sehr labile oder sehr stabile Diffusionskategorien, sehr starke Regenfälle), die besonders hohe radiologische Auswirkungen an bestimmten Orten verursachen, statistisch "weggemittelt". Damit sorgt auch diese Vorgehensweise der GRS für eine Unterschätzung der möglichen Unfallfolgen.“ /INT 12b/*

Die Berechnungsmethodik der radiologischen Unfallfolgen ist sehr ausführlich in Abschnitt 8.6.1 der TSK 2009 beschrieben. Sie beruht auf dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und wird sowohl national als auch international angewandt. Durch die Anwendung probabilistischer Methoden ist es möglich, auch sehr unwahrscheinliche Wetterlagen bei der Berechnung zu berücksichtigen. Gerade dadurch werden beispielsweise Unfälle, die aufgrund einer speziellen (aber sehr unwahrscheinlichen Wetterlage) zu hohen Expositionen nach einer Freisetzung radioaktiver Stoffe führen können, ebenfalls mit berücksichtigt. Durch die in Abschnitt 3.8.4 beschriebenen Maßnahmen bei der Erstellung der repräsentativen Quellterme wurde gerade bei den in den radiologischen Auswirkungen ungünstigen Quelltermen sowohl ein „Wegmitteln“ als auch ein „Wegfallen“ vermieden.

Bereits in der TSK 2009 wird in Abschnitt 8.7.1 zusammenfassend festgestellt, dass die an verschiedenen Stellen enthaltenen Konservativitäten in der Summe zu einer Überschätzung der tatsächlichen Aktivitätsfreisetzungen und damit der radiologischen Konsequenzen nach Transportunfällen geführt haben.

*„Würden mit der GRS-Methodik auch geringere Wahrscheinlichkeiten betrachtet, ergäben sich auch höhere Dosiswerte, die auch den Störfallplanungswert überschreiten können.“ /INT 12b/*

In der TSK 2009 sind die dargestellten komplementären Häufigkeitsverteilungen (CCFD) bis zu einer erwarteten Häufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr (das entspricht 1 in 10 Millionen Jahren) dargestellt. Damit sind auch seltene und schwere Unfälle erfasst. Es wurde durch das in der TSK 2009 gewählte Verfahren sichergestellt, dass auch seltene Ereignisse mit hohem radiologischen Gefährdungspotenzial zwingend berücksichtigt wurden.

Die Internationale Strahlenschutzkommission (International Commission on Radiological Protection, ICRP) hat in ihrer Publikation 64 /ICRP 93/ ein Konzept zur Beurteilung potenzieller (unfallbedingter) Strahlenexpositionen aufgestellt. Die Beurteilung erfolgt dabei anhand der Eintrittshäufigkeit des potenziellen Ereignisses. Als Grundsatz für das individuelle Gesundheitsrisiko einer Person gilt, dass das Risiko aufgrund einer Exposition durch ein potenzielles Ereignis in derselben Größenordnung liegen darf, wie das Gesundheitsrisiko, welches aufgrund der Ausschöpfung von Grenzwerten (z. B. durch den Normalbetrieb einer kerntechnischen Anlage) besteht. In /ICRP 93/ wird auf dieser Grundlage ein Bewertungsmaßstab für bestimmte Ereignisabläufe mit bestimmten Eintrittshäufigkeiten pro Jahr genannt:

- Sequence of events leading to doses treated as part of normal exposures  
 $10^{-1} \text{ a}^{-1}$  bis  $10^{-2} \text{ a}^{-1}$
- Sequence of events leading to stochastic effects only but above dose limits  
 $10^{-2} \text{ a}^{-1}$  bis  $10^{-5} \text{ a}^{-1}$
- Sequence of events leading to doses where some radiation effects are deterministic  
 $10^{-5} \text{ a}^{-1}$  bis  $10^{-6} \text{ a}^{-1}$
- Sequence of events leading to doses where death is likely to result  
 $< 10^{-6} \text{ a}^{-1}$

Die in der TSK 2009 dargestellten CCFD decken den gesamten Häufigkeitsbereich der ICRP ab und gehen darüber hinaus bis zu einer Eintrittshäufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr. Die in den CCFD dargestellten maximalen Auswirkungen bezüglich der effektiven Dosis nach einem Unfall liegen mit ihren zugehörigen Eintrittshäufigkeiten weit unter dem

von der ICRP aufgestelltem Konzept zur Beurteilung potenzieller (unfallbedingter) Strahlenexpositionen.

International wird als Grundlage zur Bewertung von Handhabungs- und Transportunfällen eine effektive Dosis von 50 mSv genutzt. Gemäß dem abgestuften Sicherheitskonzept der Transportvorschriften werden die Aktivitätsinventare für Versandstücke so begrenzt, dass die radiologischen Folgen sowohl beim normalen (unfallfreien) Transport als auch bei Unfällen begrenzt sind. Hierzu wurde von der Internationalen Atomenergieorganisation (IEAO) das sogenannte Q-System eingeführt, das auf Basis von festgelegten radiologischen Kriterien die zu ihrer Einhaltung maximal zulässigen Aktivitätswerte (sogenannte A-Werte) bestimmt /IAEA 12/, /IAEA 08b/. Auf diese Weise wurden die in den Transportvorschriften angegebenen Aktivitätsgrenzwerte für radioaktive Stoffe in besonderer Form ( $A_1$ -Wert) sowie für alle anderen radioaktiven Stoffe, die nicht in besonderer Form vorliegen ( $A_2$ -Wert), ermittelt. Für verschiedene Expositionspfade wird unter konservativen Annahmen eine nuklidspezifische maximale Aktivität berechnet, die zu einer effektiven Dosis von 50 mSv bzw. zu einer Organdosis (inkl. Haut) von 500 mSv oder zu einer Dosis der Augenlinse von 150 mSv bei Personen führen kann, die sich in der Nähe eines durch einen Unfall beschädigten Versandstückes befinden. Entsprechend dieses Q-Systems soll ein Unfall mit einem Versandstück, dessen Inhalt eine maximale Aktivität entsprechend der A-Werte hat, zu keiner höheren effektiven Dosis als 50 mSv führen. Sollen Abfallbehälter mit größerem Aktivitätsinhalt befördert werden, müssen diese als Typ B-Versandstücke qualifiziert werden, welche umfassenderen Prüfbedingungen entsprechend der gefahrgutrechtlichen Vorschriften genügen müssen.

*„Allein aus den Ergebnissen für die möglichen Strahlenbelastungen bei gleicher Eintrittswahrscheinlichkeit für die unterschiedlichen Anlieferungsszenarien zeigt sich, dass die von der GRS angewendete Methodik zwar für die politische Diskussion zur Akzeptanzgewinnung, aber nicht für die Beurteilung bezüglich von der Kommune zu treffender Katastrophenschutzmaßnahmen geeignet ist. Das GRS-Ergebnis zeigt für den 100 %-igen Bahntransport die geringsten Strahlenbelastungen und für den 100 %-igen LKW-Transport die höchsten Strahlenbelastungen. Es ist aber völlig klar, dass bei einem Zugunfall höhere mechanische und thermische Belastungen und damit auch Freisetzungen stattfinden können als bei einem LKW-Transport. Dem entsprechend können nach einem Zugunfall auch die Strahlenbelastungen höher sein. Dies fällt in der GRS-Transportstudie un-*

*ter den Tisch, da die seltenen, aber schweren Unfälle durch die Wahrscheinlichkeitsbetrachtungen unterdrückt werden.“ /INT 12b/*

Die für die jeweils in der TSK 2009 betrachteten Szenarien unterschiedlichen Ergebnisse für die effektive Dosis (Lebenszeitdosis) bei gleicher erwarteter Häufigkeit zeigen deutlich die unterschiedlichen Einflüsse der zugrunde gelegten Parameter. Insbesondere seien hier die Unfallstatistiken genannt. Zudem sei nochmals auf die in Kapitel 2 genannte Zielstellung der TSK 2009 verwiesen. Gegenstand der TSK 2009 waren Fragen der Sicherheit der Transporte, sowohl beim unfallfreien Transport als auch bei Unfällen in Bezug auf die Bevölkerung und das Transportpersonal. Es war nicht Ziel der Studie, Pläne im Sinne des Notfallschutzes zu erstellen.

Es wird in der intac-Studie nicht deutlich, weshalb es „völlig klar“ sei, dass beim Schienentransport höhere Belastungen als beim Straßentransport auftreten können. Der TSK 2009 liegen umfangreiche Unfallstatistiken sowohl für den Schienen- als auch für den Straßenverkehr zugrunde. Aufgrund dieser Statistiken erfolgte eine Zuordnung der Unfälle zu Belastungsklassen. Damit sind in diesen Unfallstatistiken bereits die mechanischen und thermischen Belastungen enthalten und fanden auch Eingang in die verwendeten Belastungsklassen.

Bezüglich der möglichen Auswirkungen nach Unfällen auf den Verkehrsträgern Straße bzw. Schiene sei auf Abschnitt 8.6 der TSK 2009 verwiesen. Der Abb. 8.13 ist zu entnehmen, dass beim hypothetischen Szenario 100 % Schienentransport die effektive Dosis (Lebenszeitdosis) in Ausbreitungsrichtung bei einer erwarteten Häufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr maximal etwa 4 mSv in einem Abstand von 150 m vom Unfallort beträgt. Demgegenüber zeigt Abb. 8.17, dass bei dem Szenario 100 % Straßentransport die effektive Dosis (Lebenszeitdosis) in Ausbreitungsrichtung bei einer erwarteten Häufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr maximal etwa 20 mSv in einem Abstand von 150 m vom Unfallort beträgt.

Die Annahme der intac-Studie, seltene oder schwere Unfälle würden „unter den Tisch fallen“ oder „unterdrückt“ werden, trifft in der Sache nicht zu. Durch das gewählte und in der TSK 2009 beschriebene Verfahren ist sichergestellt, dass auch solche seltenen Ereignisse mit geringen Eintrittswahrscheinlichkeiten (aber hohem radiologischen Gefährdungspotenzial) zwingend berücksichtigt werden (siehe Abschnitte 3.2 und 3.8). So enthielten die Quelltermgruppen mit der ungünstigsten radiologischen Bewertung zum

Teil nur ein oder zwei Einzelereignisse, wodurch eine in der intac-Studie unterstellte Nichtberücksichtigung schwerer Unfälle gerade verhindert wird.

*„Da in der GRS-Transportstudie mit dem Risiko argumentiert wird, müssten die Ergebnisse eigentlich dazu führen, dass die Transporte nur in geringem Umfang mit der Bahn und überwiegend mit dem LKW transportiert werden. Anderes ließe sich mit der Strahlenschutzverordnung (Rechtfertigung und Minimierungsgebot) und dem Atomgesetz (Vorsorgegrundsatz) nicht verantworten. Eine solche Empfehlung ist der GRS-Studie allerdings nicht zu entnehmen.“ /INT 12b/*

Es erscheint widersprüchlich, wenn der Verkehrsträger mit dem in der TSK 2009 höheren berechneten Risiko (hier Straße) bewusst dem Verkehrsträger mit dem kleineren Unfallrisiko (hier Schiene) für Transporte vorgezogen werden soll und dies in der intac-Studie auch noch mit dem Minimierungsgebot und dem Vorsorgegrundsatz begründet wird. Somit ist auch nicht ersichtlich, weshalb dafür eine Empfehlung ausgesprochen werden sollte.

Zum Vergleich: Im Szenario 100 % Straßentransport wurde berechnet, dass die erwartete Häufigkeit eines Unfalls mit Freisetzung in der Endlagerregion  $1,7 \cdot 10^{-2}$  pro Jahr beträgt, das entspricht einem Unfall in ca. 60 Jahren. Die effektive Dosis (Lebenszeitdosis) in Ausbreitungsrichtung beträgt bei einer erwarteten Häufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr maximal etwa 20 mSv in einem Abstand von 150 m vom Unfallort. Demgegenüber beträgt beim Szenario 100 % Schienentransport die erwartete Häufigkeit eines Unfalls mit Freisetzung in der Endlagerregion  $2,3 \cdot 10^{-4}$  pro Jahr, das entspricht einem Unfall in ca. 4300 Jahren. Die effektive Dosis (Lebenszeitdosis) in Ausbreitungsrichtung beträgt bei einer erwarteten Häufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr maximal etwa 4 mSv in einem Abstand von 150 m vom Unfallort.

Dies zeigt, dass sowohl die Unfallhäufigkeit mit Freisetzung radioaktiver Stoffe als auch die effektive Dosis in Ausbreitungsrichtung bei einer erwarteten Häufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr beim Straßentransport deutlich höher sind.

*„Die von der GRS durchgeführten Betrachtungen zur Verringerung von Strahlenbelastungen durch Gegenmaßnahmen sind irreführend. Bei den von der GRS ohne Gegenmaßnahmen ermittelten Strahlenbelastungen würden mit hoher Wahrscheinlichkeit u.a. aus ökonomischen Gründen kei-*

*ne Gegenmaßnahmen durchgeführt. Deshalb haben entsprechende Maßnahmen auch nichts mit dem Minimierungsgebot der Strahlenschutzverordnung zu tun. Das Minimierungsgebot muss an der Quelle der Freisetzungen ansetzen. Die Freisetzung muss vermieden oder so gering wie möglich gehalten werden.“ /INT 12b/*

*„Laut GRS wird der Hauptteil der Strahlenbelastung durch Ingestion verursacht. Das setzt relativ hohe Bodenkontaminationen voraus. Nach GRS müssten nach einem Unfall zur Verringerung der von ihr ermittelten Strahlenbelastungen Bereiche von einigen Quadratkilometern auf dem Stadtgebiet von Salzgitter dekontaminiert werden.“ /INT 12b/*

Es wird nicht klar, weshalb die intac-Studie bei Darstellung einer möglichen Gegenmaßnahme nach einem Unfall in der TSK 2009 von „irreführend“ spricht, zumal sie selbst Gegenmaßnahmen (Dekontamination von Böden) anspricht. Auch findet sich in der TSK 2009 keine Einlassung bezüglich der Dekontamination von Bereichen „von einigen Quadratkilometern auf dem Stadtgebiet von Salzgitter“.

Gegenmaßnahmen z. B. nach einem Unfall werden bei radiologischen Ereignissen von den zuständigen Behörden des Katastrophenschutzes und der Strahlenschutzvorsorge ergriffen. Dazu stehen umfangreiche Maßnahmen – u. a. auch solche nach einem kerntechnischen Unfall – zur Verfügung (z. B. /SSK 10/). In der TSK 2009 wird erläutert, dass der Ingestionspfad nach einem Unfall dominant ist, dass also aufgrund der Einnahme von Nahrungsmitteln, die aus der unmittelbaren Umgebung des Unfallortes stammen, ein großer Anteil der Lebenszeitdosis verursacht werden würde. Demgegenüber stellt die Maßnahme der Nichtverwendung solcher Nahrungsmittel eine vergleichsweise einfache und gut durchzuführende Maßnahme – insbesondere bei den relativ kleinen betroffenen Flächen – dar. Dies ist weder eine Empfehlung zur Durchführung dieser Maßnahme, noch wird dadurch die Anwendung anderer Maßnahmen ausgeschlossen; die Abwägung und Entscheidung darüber obliegt den dafür zuständigen Behörden.

### **3.8.7 Bewertung der Transportunfallrisiken**

*„Auf Basis der von der GRS ermittelten Werte für die möglichen Strahlenbelastungen durch Transportunfälle in der Standortregion und die Häufigkeit ihres Auftretens ist die Bewertung der GRS zum Transportunfallrisiko*

*zutreffend. Dies hängt vor allem mit der Bewertung des Risikos als „Produkt“ von Häufigkeit und Dosiswerten zusammen.“ /INT 12b/*

*„Den Aussagen zur Konservativität kann in der Form allerdings nicht zugestimmt werden. Ein Teil der von der GRS angeführten Konservativitäten ist mit den Angaben in der Studie nicht überprüfbar. Davon abgesehen wird durch die Methodik bei einigen Ermittlungsschritten durch Mittelwertbildung ein Teil des jeweiligen Folgenspektrums ausgeblendet. Dadurch kann es insgesamt zu einer Unterschätzung der möglichen Strahlenbelastungen kommen. Durch relativ geringe Erhöhung einzelner Parameter, beispielsweise der Freisetzungsanteile, ist bereits eine Überschreitung des Störfallplanungswertes möglich.“ /INT 12b/*

*„Bei Anwendung einer anderen Methodik für die Betrachtung möglicher Unfallfolgen (z.B. MCA [GÖK1991]) sind höhere Werte für die Strahlenbelastungen nach Transportunfällen zu erwarten.“ /INT 12b/*

Zusammenfassend sei nochmals zum einen auf die umfangreichen Ausführungen in der TSK 2009 und zum anderen auf die Erläuterungen in den einzelnen Abschnitten dieses Dokuments verwiesen. An den dortigen Stellen wird auch die Konservativität der in der TSK 2009 gemachten Annahmen erläutert. Die an verschiedenen Stellen enthaltenen Konservativitäten führen, wie in der TSK 2009 in Abschnitt 8.7.1 ausgeführt, in der Summe zu einer Überschätzung der tatsächlichen Aktivitätsfreisetzungen und damit zu einer Überschätzung der Unfallfolgen.

Die Transportstudie hatte zum Ziel, eine möglichst realistische Ermittlung des Risikos für die Bevölkerung in der Endlagerregion durch mögliche Transportunfälle im Zusammenhang mit der Anlieferung von Abfallgebinden zum Endlagerstandort Konrad vorzunehmen, die im Hinblick auf enthaltene Unsicherheiten ausreichend konservativ ist. Hierbei wurde das Risiko nicht, wie in /INT 12b/ behauptet, als simples Produkt aus Häufigkeit und Schaden berechnet, sondern in Form einer für Risikobetrachtungen international gängigen Form einer kumulativen Häufigkeitsverteilung.

Da für diesen Anwendungsfall kein allgemeingültiges Bewertungskriterium verfügbar ist, wurde auf eine abschließende Bewertung verzichtet und lediglich eine Darstellung der Häufigkeit zu erwartender Überschreitungen des hilfsweise herangezogenen Störfallplanungswertes der StrISchV vorgenommen. Zur weiteren Einordnung der hierbei

resultierenden Häufigkeiten wurden Vergleiche zu anderen Risiken mit vergleichbar geringer Häufigkeit durchgeführt. Die Angabe von Eintrittshäufigkeiten von kleiner als  $10^{-7}$  pro Jahr im Rahmen der TSK 2009 ist nicht sinnvoll; dies wird auch in Abschnitt 3.8.6 dieses Dokuments ausführlich erläutert. Des Weiteren besagt auch das ALARA-Prinzip, dass Maßnahmen zur (weiteren) Reduktion einer (hier potenziellen) Exposition mit einem vernünftigen Aufwand im Vergleich zum resultierenden Sicherheitsgewinn durchführbar sein sollen.

### **3.9 Einwirkung Dritter auf Transporte**

*„Die GRS betrachtet kein Schadensausmaß nach terroristischen Akten.  
[...]" /INT 12b/*

Siehe hierzu die die Ziele der TSK 2009 in Kapitel 2 sowie weitere Erläuterungen in Abschnitt 3.2. Gegenstand der TSK 2009 waren Fragen der Sicherheit der Transporte, sowohl beim unfallfreien Transport als auch bei Unfällen in Bezug auf die Bevölkerung und das Transportpersonal. Fragen zu SEWD waren nicht Gegenstand der TSK 2009.

Das Risiko durch SEWD muss separat betrachtet werden und ist insbesondere Teil der Genehmigungsvoraussetzung für die Beförderung radioaktiver Stoffe nach § 18 StrlSchV. Weiterhin werden auch durch die Gefahrgut- und Transportvorschriften sowie andere einschlägige internationale Empfehlungen (z. B. /ADR 13/, /RID 13/, /IAEA 12/, /IAEA 08a/) in Abhängigkeit vom beförderten Aktivitätsinventar umfangreiche Vorgaben zu erforderlichen Sicherungsmaßnahmen bei der Beförderung radioaktiver Stoffe gemacht.

## **4 Zusammenfassung**

Die in der intac-Studie /INT 12b/ vorgebrachte Kritik an der Transportstudie Konrad 2009 /GRS 10/ ist in der Sache unbegründet und teilweise in sich widersprüchlich. Dies wird umfassend in der detaillierten Analyse im Kapitel 3 deutlich. So sind bereits die Gesichtspunkte, unter denen die TSK 2009 durch die intac-Studie bewertet wird, fragwürdig: Nutzungsplanungen im Bereich der Transportstrecken oder Ausstattung und Vorbereitung der Feuerwehr und des Katastrophenschutzes waren keine Zielstellungen der TSK 2009 (siehe auch Kapitel 2). In vielen Punkten wird die Konservativität der

TSK 2009 angezweifelt. Es konnte jedoch klar dargelegt werden, dass die Aussagen der TSK 2009 auf dem aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik beruhen und dass bei Unsicherheiten in der Datenlage konservative Annahmen getroffen wurden.

### **Zielstellung der TSK 2009 und der inhaltlichen Reichweite**

Die intac-Studie bemängelt, dass die TSK 2009 für Planungen des Notfallschutzes nicht geeignet sei und Betrachtungen zu SEWD nicht durchführt.

Die Hauptziele der Transportstudie Konrad 2009 sind in /GRS 10/ klar wiedergegeben:

1. Ermittlung und Bewertung der mit normalen (unfallfreien) Anlieferungen radioaktiver Abfälle verbundenen Strahlenexpositionen der Bevölkerung und des Transportpersonals,
2. Abschätzung und Bewertung des mit der Abfallanlieferung verbundenen Transportunfallrisikos in der Standortregion des Endlagers Konrad, d. h. die Ermittlung der Häufigkeit und potenziellen radiologischen Auswirkungen etwaiger Transportunfälle in der Region mit dem höchsten Abfallbeförderungs- und Verkehrsaufkommen.

Gegenstand der TSK 2009 waren entsprechend diesen beiden Hauptzielrichtungen Fragen der Sicherheit der Transporte, sowohl beim unfallfreien Transport als auch bei Unfällen in Bezug auf die Bevölkerung und das Transportpersonal.

Planungen im Sinne des Notfall- und Katastrophenschutzes sowie Fragen und Betrachtungen zu SEWD waren somit nicht Untersuchungsgegenstand der TSK 2009. Für eine Notfallschutzplanung müssten die Ergebnisse an Kriterien und Maßnahmen des Notfallschutzes gespiegelt werden. Für den Notfallschutz gelten jedoch z. T. andere Grundlagen, als in der TSK 2009 verwendet. So müssten beispielsweise Ergebnisse anhand der im Notfallschutz üblichen Expositionspfade und Expositionszeiten berechnet werden. Hätte die TSK 2009, wie in der intac-Studie gefordert, ihre Ergebnisse an den Zielen einer Notfallschutzplanung ausgerichtet, wären die berechneten Dosen nach einem Unfall kleiner ausgefallen. Die TSK 2009 ist somit konservativer. Daher ist die Kritik in der intac-Studie unbegründet.

## **Bewertungsmaßstäbe**

In der intac-Studie /INT 12b/ wird kritisiert, dass die TSK 2009 ihre Bewertung nicht anhand des Dosisreduzierungsgebotes nach § 6 StrlSchV durchführt. Zudem wird kritisiert, dass nur Expositionen, die aufgrund der Transporte von Abfällen zum Endlager Konrad entstehen, berücksichtigt werden, und nicht weitere potenzielle Expositionen. Die intac-Studie verweist dazu auch auf § 46 Abs. 3 StrlSchV und legt dar, dass für Transporte auch der Grenzwert des § 47 StrlSchV von 0,3 mSv/a herangezogen werden sollte.

In der TSK 2009 werden bei belastbaren Daten möglichst realistische, bei Unsicherheiten in der Datenlage jedoch konservative Annahmen getroffen und auf Grundlage anerkannter Grenzwerte bewertet. Die Vermeidung unnötiger Strahlenexpositionen nach § 6 StrlSchV obliegt den Transportdurchführenden und wird durch die vorgeschriebenen Strahlenschutzprogramme umgesetzt. Dieses Dosisreduzierungsgebot stellt jedoch im Gegensatz zu den jeweils maßgeblichen Grenzwerten keine Bewertungsgrundlage dar und wäre zudem kein objektiver Maßstab. Eine solche Einzelfallbetrachtung kann in einer Risikostudie nicht erfolgen, da sich diese Szenarien im Ergebnis reduzierend auswirken würden. Daher ist das Ergebnis der TSK 2009 konservativer.

Die TSK 2009 stützt sich auf den aktuellen Stand von Wissenschaft und Technik und somit auch auf aktuelle Empfehlungen, Vorschriften und Gesetze. Daher wurde auch der § 46 der StrlSchV beachtet. Der in § 46 Abs. 1 StrlSchV definierte Wert von 1 mSv pro Jahr zur Begrenzung der Strahlenexposition der Bevölkerung aus Tätigkeiten im Sinne der StrlSchV wurde daher als Vergleichswert herangezogen. Der § 46 Abs. 3 StrlSchV gilt für (ortsfeste) Anlagen und Einrichtungen und wäre für die Beförderung radioaktiver Stoffe nicht zutreffend.

Beim Einwand der intac-Studie bezüglich des § 47 StrlSchV liegt offensichtlich ein Missverständnis vor: Der § 47 StrlSchV gilt für (ortsfeste) Anlagen und Einrichtungen und dient der Begrenzung von Ableitungen radioaktiver Stoffe aus Anlagen oder Einrichtungen auf hierfür vorgesehenen Wegen. Es ist nicht nachvollziehbar, warum dies in den Zusammenhang mit der Beförderung von Abfällen gestellt wird.

## **Datengrundlage**

In der intac-Studie wird die für die Transportstudie durchgeführte Datenerhebung kritisiert. Es wird argumentiert, dass „die einzig sinnvolle Vorgehensweise für die Ermittlung möglicher Auswirkungen der Transporte zum Endlager die Unterstellung der zulässigen und physikalisch theoretisch möglichen Maximalwerte für das Radioaktivitätsinventar und für die Ortsdosisleistung der Abfallgebinde ist“ /INT 12b/.

Das Ziel der TSK 2009 war ein möglichst realistisches Bild der Sicherheit der Transporte wiederzugeben. Die Transportstudie stellt den Ist-Zustand hinsichtlich des Abfallspektrums dar, wobei bei nicht belastbaren Daten konservative Annahmen getroffen wurden. Sie berücksichtigt den Stand bis Ende 2008. Die Ausschöpfung des maximal zulässigen Aktivitätsinventars und gleichzeitig der maximal zulässigen Ortsdosisleistung ist nach den damaligen Erhebungen für die meisten Gebinde nicht zu erwarten.

## **Probabilistische Herangehensweise und Unfallrisikoanalyse**

In der intac-Studie wird die probabilistische Herangehensweise der TSK 2009 kritisiert. Stattdessen wird in der intac-Studie die Methode des „Maximal Credible Accident (MCA)“ favorisiert.

Ein Ziel der TSK 2009 war, eine Abschätzung und Bewertung des mit der Abfallanlieferung verbundenen Transportunfallrisikos in der Standortregion des Endlagers Konrad durchzuführen. Dies setzt u. a. die Ermittlung der Häufigkeit und potenziellen radiologischen Auswirkungen etwaiger Transportunfälle voraus.

Mit der TSK 2009 sollte keine sicherheitstechnische Bewertung durchgeführt werden, um aus einer abdeckenden Bewertung Sicherheitsanforderungen zu generieren. Entsprechend der Zielstellung der TSK 2009 wurde eine realitätsnahe Risikobewertung der Transporte von Abfallbehältern in das Endlager Konrad durchgeführt. Eine abdeckende Methode ist für eine solche Risikobetrachtung nicht geeignet. Daher ist das in der TSK 2009 gewählte probabilistische Verfahren zur Bewertung des Risikos nicht nur zulässig, sondern erforderlich.

Die Anwendung der probabilistischen Unfallrisikoanalyse wird in der TSK 2009 eingehend begründet, sie entspricht dem Stand von Wissenschaft und Technik. Durch

sie werden auch ausdrücklich solche Unfallsituationen berücksichtigt, die ihrer Natur nach zwar sehr unwahrscheinlich sind, bei denen die auslegungsgemäßen Belastungsgrenzen der betroffenen Abfalltransportbehälter aber überschritten und zu einem Verlust der Behälterintegrität und zu Aktivitätsfreisetzungen führen können. Dabei ist die probabilistische Unfallrisikoanalyse vor allen anderen Analysemethoden dadurch gekennzeichnet, dass als Beurteilungskriterium nicht nur das Schadensausmaß, sondern auch die Schadenseintrittshäufigkeit bzw. Schadenswahrscheinlichkeit angegeben werden kann.

### **Betrachtete Transportszenarien**

In der intac-Studie wird das Transportszenario 80 % Schien/20 % Straße der TSK 2009 kritisiert. Es wird gesagt, dass der Anteil der Straßentransporte höher sein wird und dass sich dadurch das Transportunfallrisiko für das Szenario erhöhen würde.

Aufgrund der für die TSK 2009 durchgeführten umfangreichen Datenerhebung konnte davon ausgegangen werden, dass die Abfälle mit einem Anteil von etwa 80 % über den Schienenweg und 20 % die Straße angeliefert werden. Dieses Szenarium wurde in der TSK 2009 als Referenzfall betrachtet.

Darüber hinaus sind auch die beiden möglichen Extrema (100 % Straße sowie 100 % Schiene) im Vergleich zum Referenzszenarium betrachtet und umfassend dargestellt worden. Damit liegt zwangsläufig jede andere mögliche Aufteilung der Anlieferung von Abfällen über den Schienen- und Straßenweg in der durch die TSK 2009 abgedeckten Bandbreite.

### **Exposition beim Normaltransport**

In der intac-Studie werden die Berechnungen der Strahlenexpositionen für Bevölkerung und Transportpersonal kritisiert.

Die zur Berechnung der Strahlenexposition der Bevölkerung und des Transportpersonals beim Normaltransport unterstellten Randbedingungen sind bereits sehr konservativ. Jedoch wird auch in der intac-Studie gesagt, dass, selbst wenn Ortdosisleistungswerte für Abfallgebinde zur Berechnung herangezogen werden, die sich an den zulässigen Werten orientieren, die Grenzwerte eingehalten werden.

## **Konsequenzenermittlung nach Transportunfällen**

Die intac-Studie kritisiert, dass einzelne, für die Konsequenzenermittlung in der TSK 2009 benutzte Parameter, wie z. B. Belastungsklassen, Freisetzungsteile oder Quellterme, nicht konservativ seien. Zudem wird in der intac-Studie angenommen, dass bei der Quelltermbestimmung und der Bildung der Freisetzungsklassen ein „wegmitteln“ stattgefunden hat und dadurch seltene und schwere Unfälle „unterdrückt“ werden.

Bei der Konsequenzenermittlung nach Unfällen wurden in der TSK 2009 auch schwere Unfälle einbezogen. Das Spektrum der betrachteten Unfallbelastungen wird durch die Belastungsklassen angemessen erfasst. Die Freisetzungsteile der TSK 2009 entsprechen dem Stand von Wissenschaft und Technik. Es wurde durchgehend der Grundsatz berücksichtigt, dass bei Daten mit Unsicherheiten oder einem relevanten Schwankungsbereich entweder eine entsprechende probabilistische Berücksichtigung oder aber eine konservative Parameterwahl zu erfolgen hat.

Das in der intac-Studie angesprochene Problem der allgemein möglichen Mittelwertbildung innerhalb von Gruppen oder Klassen wurde in der TSK 2009 durch den folgenden Ansatz gelöst: Die ermittelten Quellterme wurden anhand ihrer potenziellen radiologischen Konsequenzen mit einer Bewertungszahl versehen, wobei diese umso größer ist, je höher die radiologische Konsequenz ist. Die Zusammenfassung dieser Quellterme geschah nicht in Klassen gleicher Intervallgröße, sondern es wurden speziell angepasste Wahrscheinlichkeitsintervalle verwendet. Die Intervallgröße einer Klasse bzw. Quelltermgruppe wurde so abgestuft, dass gerade bei der Zusammenfassung von Quelltermen mit hohen radiologischen Bewertungszahlen die innerhalb einer Quelltermgruppe zusammengefassten Quellterme keine große Bandbreite der radiologischen Bewertungszahl aufweisen. Dadurch sollte erreicht werden, dass bei weiterer Nutzung der Freisetzungsklassen diese Repräsentativität – insbesondere bei Quelltermen, mit denen höhere Strahlenexpositionen verbunden sind – sichergestellt ist. So enthielten die Quelltermgruppen mit der ungünstigsten radiologischen Bewertung zum Teil nur ein oder zwei Einzelereignisse. Dadurch wurde gerade bei diesen ungünstigen Quelltermen sowohl ein „Wegmitteln“ als auch ein „Wegfallen“ vermieden.

## Fazit

Die TSK 2009 verfolgte als Ziele die Ermittlung und Bewertung der mit Abfalltransporten verbundenen Strahlenexposition sowie die Abschätzung und Bewertung des Transportunfallrisikos in der Standortregion des Endlagers Konrad. Das dafür in der TSK 2009 gewählte Verfahren dient der umfänglichen Beschreibung von Unfallhäufigkeiten und den möglicherweise daraus resultierenden radiologischen Konsequenzen. Mit dieser probabilistischen Herangehensweise wurde in der TSK 2009 sichergestellt, dass auch solche Ereignisse, die zwar eine geringe Eintrittswahrscheinlichkeit, aber ein hohes radiologisches Gefährdungspotenzial besitzen, zwingend berücksichtigt werden.

Die Transportstudie hatte zum Ziel, eine möglichst realistische Ermittlung des Risikos für die Bevölkerung in der Endlagerregion durch mögliche Transportunfälle im Zusammenhang mit der Anlieferung von Abfallgebinden zum Endlagerstandort Konrad vorzunehmen, die im Hinblick auf enthaltene Unsicherheiten ausreichend konservativ ist. Bei allen betrachteten Szenarien liegen die potenziellen radiologischen Auswirkungen nach einem Unfall bei einer erwarteten Häufigkeit von  $1 \cdot 10^{-7}$  pro Jahr (das entspricht 1 in 10 Millionen Jahren) deutlich unter dem Störfallplanungswert der Strahlenschutzverordnung von 50 mSv.

Auf Grundlage der Abfallprognosen des BfS für Abfälle mit vernachlässigbarer Wärmeentwicklung /BFS 12/ wurden von der GRS zusätzlich zur TSK 2009 Trendanalysen und Sensitivitätsstudien für die Jahre 2020 und 2040 durchgeführt. Trotz der Verschiebung der Anteile am Gesamtabfallaufkommen hin zu Abfällen aus Betrieb und Stilllegung von Kernkraftwerken hat dies nur geringe Auswirkungen auf die radiologischen Konsequenzen.

Entsprechend der Prognoseszenarien ergeben sich bezüglich potenzieller Strahlenexpositionen beim normalen Transport keine wesentlichen Änderungen im Vergleich zur TSK 2009. Die effektive Dosis steigt somit von 0,025 mSv/a (TSK 2009) auf 0,026 mSv/a (Prognoseszenario 2040) für die beiden hypothetischen Szenarien 100 % Schiene und 100 % Straße. Diese Dosen liegen weit unter dem Grenzwert für die Bevölkerung von 1 mSv pro Jahr. Die Unfallhäufigkeit mit Freisetzung vom 80 %/20 %-Szenario der TSK 2009 nimmt beim Szenario 2040 geringfügig ab. Dies zeigt, dass bei geringfügigen Änderungen der in die Berechnung für die TSK 2009 einfließenden Parameter nur unwesentliche Auswirkungen auf die berechneten Konsequenzen zu erwarten sind.

Die umfangreiche Analyse der intac-Studie /INT 12b/ im vorliegenden Dokument hat gezeigt, dass die vorgebrachte Kritik in der Sache unbegründet ist. Dies betrifft sowohl die Untersuchungsmethodik als auch die in der TSK 2009 berechneten Auswirkungen beim Normaltransport und nach Unfällen.

## 5 Literatur

- /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 2011 geltenden Fassung, Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil II Nr. 34 vom 2. Dezember 2010, Anlage zur 22. ADR-Änderungsverordnung vom 31. August 2012, Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil II Nr. 27 vom 11. September 2012
- /ATG 11/ Gesetz über die friedliche Verwendung der Kernenergie und den Schutz gegen ihre Gefahren (Atomgesetz – AtG) vom 15. Juli 1985 zuletzt geändert am 8. November 2011
- /BFS 10/ Brennecke, Peter (Hrsg.): Anforderungen an endzulagernde radioaktive Abfälle (Endlagerungsbedingungen, Stand: Oktober 2010) – Endlager Konrad – . Bundesamt für Strahlenschutz (BfS), Fachbereich Sicherheit nuklearer Entsorgung, SE-IB-29/08-REV-1, Stand: 11. Januar 2011
- /BFS 12/ Bundesamt für Strahlenschutz (BfS): Abfallprognosen. Internet: <http://www.bfs.de/de/endlager/abfaelle/prognose.html>, zuletzt abgerufen: 22.11.2012
- /BMU 01/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU): Grundsätze der Tätigkeit von Sachverständigen im Auftrag der Bundesaufsicht über die Ausführung des Atomgesetzes im Hinblick auf Atomkraftwerke, Forschungsreaktoren und sonstige Reaktoren (Sachverständigen-Grundsätze der Bundesaufsicht über Atomkraftwerke). Stand 01.07.2001, Internet (Kurzlink): [www.bmu.de/N5608/](http://www.bmu.de/N5608/), zuletzt abgerufen: 04.03.2013

- /BMU 10a/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung. Jahresbericht 2010. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201206278814>, Bonn, April 2012
- /BMU 10b/ Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) (Hrsg.): Umweltradioaktivität und Strahlenbelastung im Jahr 2010 : Unterrichtung durch die Bundesregierung. <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0221-201205118217>, 30. April 2012
- /BRO 11/ Brodoch, Markus; Schwall, Sebastian: Erste Erfahrungen aus dem Umpacken von Containern und Einpacken der Fassgebände aus der Lagergasse A. In: KONTEC 2011. 10. Internationales Symposium „Konditionierung radioaktiver Betriebs- und Stilllegungsabfälle“, Tagungsband, 06.-08. April 2011
- /EBA 04/ Grauf, Hans-Heinrich: Ziele und Methodik der Untersuchung von gefährlichen Ereignissen im Eisenbahnbetrieb. Eisenbahn-Bundesamt, Vortrag zum 4. Bieleschweig-Workshop, 14. und 15. September 2004, TU Braunschweig
- /GEF 09/ Gefahrgutbeförderungsgesetz (GGBefG) in der Fassung der Bekanntmachung vom 29. September 1998 (BGBl. I S. 3114), das zuletzt durch das Gesetz vom 6. Juli 2009 (BGBl. I S. 1704) geändert worden ist
- /GRS 91/ Lange, F.; Gründler, D.; Schwarz, G.: Transportstudie Konrad. Sicherheitsanalyse des Transports radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. Gesellschaft für Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-84, Juli 1991, ISBN 3-923875-34-7
- /GRS 10/ Sentuc, F.-N. et al.: Transportstudie Konrad 2009. Sicherheitsanalyse zur Beförderung radioaktiver Abfälle zum Endlager Konrad. Gesellschaft für Anlagen- und Reaktorsicherheit (GRS) mbH, GRS-256, Dezember 2009, mit Corrigendum vom April 2010, ISBN 978-3-939355-31-1
- /IAEA 03/ International Atomic Energy Agency (IAEA): International Basic Safety Standards for Protection against Ionizing Radiations and for the Safety of Radiation Sources. Safety Series No. 115, CD-Rom Edition, 2003

- /IAEA 05/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. 2005 Edition. Safety Standards, Safety Requirements No. TS-R-1, 2005
- /IAEA 08a/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Security in the Transport of Radioactive Material. IAEA Nuclear Security Series No. 9, Implementing Guide, 2008
- /IAEA 08b/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. Safety Standards, Safety Guide No. TS-G-1.1 (Rev. 1), 2008
- /IAEA 11/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Radiation Protection and Safety of Radiation Sources. International Basic Safety Standards. Interim Edition, Safety Standards, No. GSR Part 3 (Interim), 2011
- /IAEA 12/ International Atomic Energy Agency (IAEA): Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material. 2012 Edition. Safety Standards, No. SSR-6, 2012
- /ICRP 93/ International Commission on Radiological Protection (ICRP): Protection from Potential Exposure. A Conceptual Framework. ICRP Publication 64. In: Annals of the ICRP, Pergamon Press, Oxford, Volume 23, No. 1, 1993
- /INT 12a/ intac GmbH: Fachliche Bewertung der Transportstudie Konrad der GRS. Phase I, Auftraggeber Stadt Salzgitter, Hannover, 31. März 2012
- /INT 12b/ intac GmbH: Fachliche Bewertung der Transportstudie Konrad 2010 von der GRS. Bearbeiter Wolfgang Neumann, Auftraggeber Stadt Salzgitter, Hannover, November 2012
- /NIR 00/ Nirex: Recommended Release Fractions for Standard Nirex Packages, Input Data for the Analysis of Fire and Impact Hazards Within Transport and Repository Safety Assessments. 51994/02/C, December 2000

- /RID 13/ Neufassung der Ordnung für die internationale Eisenbahnbeförderung gefährlicher Güter (RID) in der seit dem 1. Januar 2007 geltenden Fassung, Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil II Nr. 12 vom 5. Juni 2008, Anlage zur 17. RID-Änderungsverordnung vom 9. November 2012, Anlageband zum Bundesgesetzblatt Teil II Nr. 35 vom 31. November 2012
- /SSK 04/ Strahlenschutzkommission (SSK): Störfallberechnungsgrundlagen zu § 49 StrlSchV. Neufassung des Kapitels 4. Berechnung der Strahlenexposition. Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 44, 2004
- /SSK 10/ Strahlenschutzkommission (SSK): Übersicht über Maßnahmen zur Verringerung der Strahlenexposition nach Ereignissen mit nicht unerheblichen radiologischen Auswirkungen (Maßnahmenkatalog). Empfehlung der Strahlenschutzkommission, Berichte der Strahlenschutzkommission (SSK) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Heft 60, Teil 1 und Teil 2, 2010
- /STR 12/ Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen (Strahlenschutzverordnung – StrlSchV) vom 20. Juli 2001 zuletzt geändert am 24. Februar 2012
- /STV 07/ Verordnung zur näheren Bestimmung des schwerwiegenden Unfalls mit Sachschaden im Sinne des Straßenverkehrsunfallstatistikgesetzes vom 21. Dezember 1994 (BGBl. I S. 3970), die durch Artikel 3 der Verordnung vom 6. Juni 2007 (BGBl. I S. 1045) geändert worden ist



**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)**