

Dicht und sicher abgeschirmt

BAM-GGR Transportverpackungen für radioaktive Stoffe müssen den BAM-Gefahrgutregeln entsprechen. Ein kurzer Einblick in die Richtlinien.

Die Anforderungen an Verpackungen für den Transport radioaktiver Stoffe basieren auf den Empfehlungen der internationalen Atomenergiebehörde IAEA [1] und werden über die verkehrsträgerspezifischen internationalen Regelwerke in nationales Recht umgesetzt. Die Anforderungen des Gefahrgutrechts sehen für Versandstücke für radioaktive Stoffe Prüfbedingungen vor, unter deren Einwirkung (z. B. in Fall- und Brandversuchen) die Umschließungen noch definierte Dichtheits- und Abschirmungswirkung, in jedem Falle Integritätserhalt aufweisen müssen. Um die sehr kurz gefassten Anforderungen des Regelwerkes [1] eindeutig nachzuweisen, bedarf es sehr komplexer experimenteller und rechnerischer Sicherheitsnachweise. Die Nachweismethoden sind zum Teil im „Advisory Material“ der IAEA [2] sowie in einem Europäischen Guide zur Erstellung von Sicherheitsberichten [10] ausführlicher erläutert.

Aus der Bauartprüfungspraxis heraus, die die BAM etabliert hat, wurden weitergehende Richtlinien entwickelt, die sowohl der Vereinheitlichung als auch der nutzbaren methodischen Anwendung in den Antragsverfahren dienen sollen. Dieses trifft auch zu auf klarstellende Randbedingungen für Management-Systeme zur Fertigung und zum Betrieb von Verpackungen. Die BAM-Gefahrgutregeln (BAM-GGR) sind online auf der Internetseite

„Technische Sicherheit“ der BAM [11] zu finden. Zur Demonstration der durch Entwicklungen der BAM maßgebend geprägten Prüfungs- und Begutachtungsmethoden dienen auch einschlägige Veröffentlichungen der BAM, die ebenfalls zum großen Teil online zu finden sind [12].

BAM-GGR 007

Castor-Behälter für abgebrannte Brennelemente und hochaktive Abfälle, Mosaik-Behälter und Gusscontainer für nicht wärmentwickelnde radioaktive Abfälle haben Behälterkörper, welche aus ferritischem Gusseisen mit Kugelgraphit bestehen. Der Einsatz von Komponenten aus diesem potentiell sprödebruchempfindlichen Werkstoff für derartige sicherheitstechnisch sensible Anwendungen bedarf einer expliziten Auslegung gegen unzulässige plastische Verformung und gegen Bruch. Die Leitlinie enthält Vorgaben zur Ermittlung der Bauteilbeanspruchungen bei normalen und Unfallbeförderungsbedingungen, zur Festlegung von zu unterstellenden bruchmechanisch relevanten Fehlergrößen im Zusammenhang mit der zerstörungsfreien Prüfung, zur Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte und zur Herleitung bruchmechanischer Gewährleistungswerte, die höher liegen müssen als die bruchmechanische Beanspruchungsgröße.

Hinweise zur sicherheitstechnischen Nachweisführung und zu qualitätssichernden Maßnahmen bei der Herstellung und Prüfung von dickwandigen Gussbehälterkörpern schließen die Leitlinie ab.

BAM-GGR 008

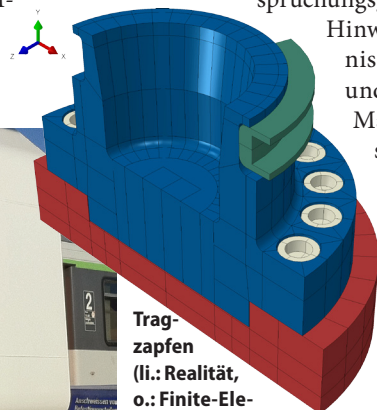
Neben der Durchführung von Versuchen (Fall- bzw. Brandversuche an Prototypen- oder Modellbehältern)

sehen die Gefahrgutregeln auch Berechnungen, basierend auf geeigneten Berechnungsmethoden mit konservativ abgesicherten Parametern, als alternative Nachweismethode vor. Hierzu werden vielfach Finite-Element-Methoden (FEM) zur computergestützten numerischen Berechnung von mechanischen Beanspruchungen (Dehnungen, Spannungen) oder von thermischen Belastungen (z. B. Bauteiltemperaturen) verwendet. Um die notwendige Zuverlässigkeit sol-

Die Gefahrgutregeln wurden aus der Bauartprüfungspraxis der BAM heraus entwickelt.

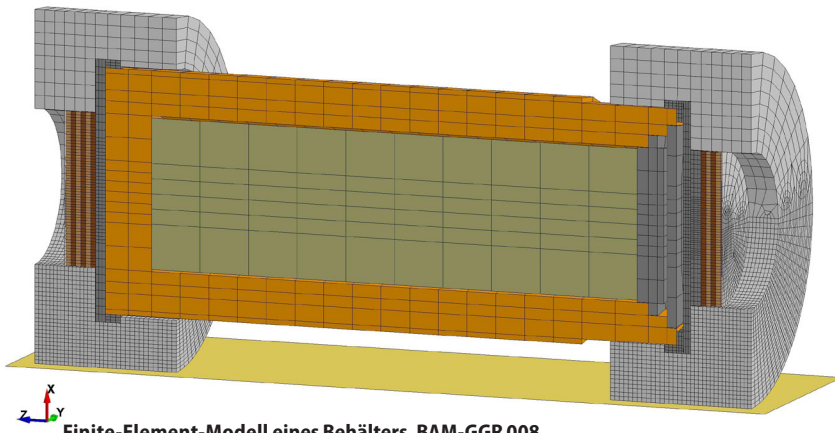
cher numerisch geführten Sicherheitsnachweise und deren Prüfbarkeit zu gewährleisten, enthält die Richtlinie Vorgaben zur Charakterisierung durch Verifikation und Validierung, zu Benchmark-Untersuchungen, Parameterstudien und zur Konservativität der Auslegungsrechnung. Spezielle Anforderungen gibt es an die Qualitätssicherung der FE-Programme sowie an die Personalqualifikation und Verantwortlichkeiten auf Berechnerseite. Sehr detailliert werden formale und Vollständigkeitsaspekte sowie Anforderungen an die verwendete Software, die Modellbildung (hier ist bekanntlich der kritischste Maßstab anzulegen), den Datenumfang, die Ergebnisdarstellung und Ergebnisbeurteilung adressiert.

Die BAM prüft numerisch geführte Sicherheitsnachweise einerseits auf Vollständigkeit, Nachvollziehbarkeit und Richtigkeit der Eingabedaten, andererseits erfolgen in Abhängigkeit von der Komplexität der technischen Aufgabenstellung unabhängige Vergleichsberechnungen oder es müssen zur hinreichenden Verifizierung geeignete experimentelle Untersuchungen an Bauteilen, Modell- oder Prototypbehältern erfolgen.

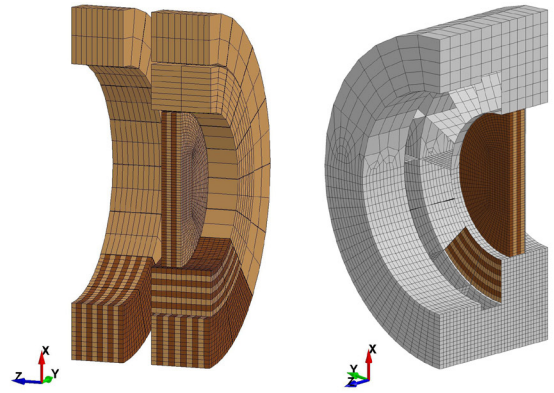


Tragzapfen (li.: Realität, o.: Finite-Element-Modell), BAM-GGR 012.





Finite-Element-Modell eines Behälters, BAM-GGR 008.

**BAM-GGR 011**

Bei der Auslegung, der Konstruktion, der Herstellung und beim Betrieb von Verpackungen zulassungspflichtiger Bauarten von Versandstücken zur Beförderung radioaktiver Stoffe bestehen hohe Anforderungen an die Qualitätssicherung. Die erforderlichen Maßnahmen resultieren aus den Anforderungen des internationalen Regelwerks der IAEA [1] und den Spezifikationen in der Bauart-Zulassung. Gegenstand der Gefahrgutregel 011 [5] ist die Beschreibung der erforderlichen Maßnahmen, Abläufe und Zuständigkeiten. Bei den Maßnahmen zur Qualitätssicherung wird zwischen systembezogenen und bauartbezogenen Maßnahmen unterschieden. Geregelt wird, dass das Qualitätsmanagement-System in einem 3-jährigen Turnus oder bei begründetem Anlass durch die BAM überprüft wird. Die bauartbezogenen Maßnahmen werden durch geeignete Unterlagen, die der Zulassung zu Grunde liegen, definiert. Alle Bauteile der Verpackung werden in sicherheitsrelevante Klassifizierungsstufen eingeordnet. Hiernach richten sich die abgestuften Prüf- und Betriebsanforderungen für die Herstellung und den Betrieb der Verpackung. Des Weiteren legt die Gefahrgutregel fest, wie die Qualitätsüberwachung während der Herstellung erfolgt. Hier wurde ein System etabliert, welches begleitende Kontrollen vorsieht, bestehend aus der Vorprüfung, der Fertigungsüberwachung und der Prüfung vor Inbetriebnahme. Die Überwachung des Betriebes erfolgt in Form von Inspektionen der Bauteile der Verpackung im Rahmen der Benutzung und Wartung sowie während der wiederkehrenden Prüfungen.

Die derzeitige BAM-GGR 011 [5] löste die TRV 006 [9] im Jahr 2010 ab und ist seit dieser Zeit sukzessive in den Zulassungsverfahren etabliert worden. Die klaren Vorgaben und Regelungen gemäß dem

Stand der Technik führten zu Planungs-sicherheit bei der Unterlagenerstellung und -prüfung.

BAM-GGR 012

Die Gefahrgutregel 012 [6] behandelt die Auslegung von verschraubten Deckel- und Lastanschlagsystemen von Transportbehältern für radioaktive Stoffe. Sie

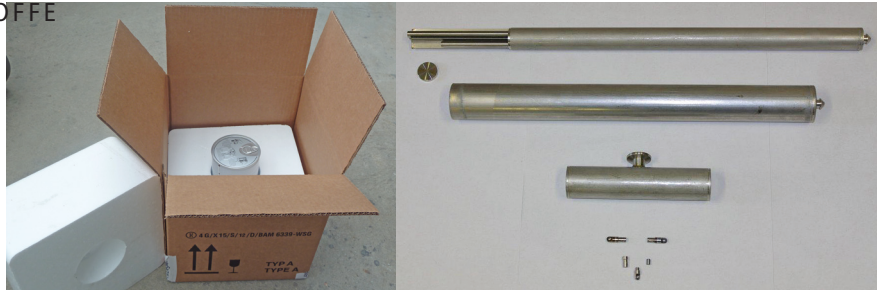
legt Auslegungsanforderungen bezüglich der Lastannahmen, des Einsatzes von Berechnungsverfahren und der Bewertungskriterien fest. In dieser Leitlinie wird die isolierte Betrachtung einzelner Bauteile durch eine Systembetrachtung erweitert, um auch die Wechselwirkungen zwischen den Bauteilen zu erfassen. Grundlage für die Betrachtung der De-

Referenzen

- 1 **International Atomic Energy Agency (IAEA)**. Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, 2012 Edition, Specific Safety Requirements No. SSR-6, Vienna, 2012
- 2 **International Atomic Energy Agency (IAEA)**. Advisory Material for the IAEA Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material, Safety Standard Series No. TS-G-1.1, Rev.1, Vienna, 2008
- 3 **BAM-Gefahrgutregel 007**, Leitlinie zur Verwendung von Gusseisen mit Kugelgraphit für Transport- und Lagerbehälter für radioaktive Stoffe, Juni 2002
- 4 **BAM-Gefahrgutregel 008**, Richtlinie für numerisch geführte Sicherheitsnachweise im Rahmen der Bauartprüfung von Transport- und Lagerbehältern für radioaktive Stoffe, Februar 2003
- 5 **BAM-Gefahrgutregel 011**, Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Verpackungen zulassungspflichtiger Bauarten für Versandstücke zur Beförderung radioaktiver Stoffe, Juni 2010
- 6 **BAM-Gefahrgutregel 012**, Leitlinie zur Berechnung der Deckelsysteme und Lastanschlagsysteme von Transportbehältern für radioaktive Stoffe, November 2011
- 7 **BAM-Gefahrgutregel 016**, Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Verpackungen prüfpflichtiger Bauarten für Versandstücke zur Beförderung radioaktiver Stoffe, Entwurf Februar 2014
- 8 **BAM-Gefahrgutregel 017**, Leitfaden für die Prüfung und Zulassung von radioaktiven Stoffen in besonderer Form, Entwurf April 2013
- 9 **TRV 006** - Bundesministerium für Verkehr, Technische Richtlinien über Maßnahmen zur Qualitätssicherung (QS) und -überwachung (QÜ) für Verpackungen zur Beförderung radioaktiver Stoffe, Verkehrsblatt Amtlicher Teil, Heft 4, 1991, S.233-239
- 10 **Technical Guide**, Package Design Safety Reports for the Transport of Radioactive Material, Issue 2, September 2012 (http://www.bfs.de/de/transport/zulassung_behaelter/grundlagen_zulassungsverfahren/anwendung_technischer_leitfaden.html)
- 11 **BAM-Website**, Technische Sicherheit, Download der BAM-Gefahrgutregeln, (<http://www.tes.bam.de>)
- 12 **BAM-Website**, Technische Sicherheit, BAM-Veröffentlichungen (http://www.tes.bam.de/de/umschliessungen/behaelter_radioaktive_stoffe/dokumente_veranstaltungen/)
- 13 **KTA 3905**, Lastanschlagspunkte an Lasten in Kernkraftwerken, Fassung 2012-11, Kerntechnischer Ausschuss (KTA)

Verpackung für prüfpflichtige Versandstücke (li.), BAM-GGR 016.

Verschiedene Bauarten radioaktiver Stoffe in besonderer Form (re.), BAM-GGR 017.



ckssysteme sind die aus dem Gefahrgutrecht resultierenden Anforderungen für Routine-, normale und Unfall-Beförderungsbedingungen von Versandstücken für radioaktive Stoffe. In dieser Leitlinie werden zusätzlich die bei der Montage der Schraubenverbindungen zu beachtenden Kriterien erläutert. Bezüglich der Lastanschlagsysteme werden in dieser Gefahrgutregel neben dem Nachweis für den Montagezustand der Verschraubungen auch die Anforderungen an die statische Festigkeit und die Ermüdungsfestigkeit der Systemkomponenten behandelt. Für verschiedene bei Transportbehältern für radioaktive Stoffe verwendete Bauteile liegen einschlägige Richtlinien vor, auf die in dieser Leitlinie Bezug genommen wird. Für numerische Analysen sind die Empfehlungen der Richtlinie für numerisch geführte Sicherheitsnachweise im Rahmen der Bauartprüfung von Transport- und Lagerbehältern für radioaktive Stoffe BAM-GGR 008 [4] zu berücksichtigen, um die ergebnissichere Anwendung numerischer Rechenprogramme zu gewährleisten. Das Auswerten dieser numerischen Analysen und das Bewerten der Ergebnisse bezüglich der zutreffenden

Vorschriften und Regelwerke ist Teil der vorliegenden Leitlinie. Auf den die Lastenanschlagpunkte betreffenden Teil der BAM-GGR 012 nimmt das kerntechnische Regelwerk in der KTA 3905 [13] direkten Bezug.

BAM-GGR 016 (Entwurf)

Die Maßnahmen für die Qualitätssicherung und -überwachung von Verpackungen für nicht-zulassungspflichtige Versandstücke werden derzeit noch rechtsverbindlich in der Technischen Richtlinie TRV 006 [9] geregelt. Bis zum Jahr 2010 galten diese Maßnahmen auch für Verpackungen zulassungspflichtiger Versandstücke, wurden aber für diese Versandstücktypen durch die GGR 011 ersetzt. Die GGR 016 soll zukünftig die derzeitige TRV 006 [9] ganz ablösen, so dass diese zurückgezogen werden kann. Im Gegensatz zu Bauarten zulassungspflichtiger Versandstücke ist die BAM bei den Bauarten prüfpflichtiger Versandstücke nur für die Anerkennung und Überwachung von Qualitätsmanagementplänen verantwortlich.

Die BAM-GGR 016 stellt die Maßnahmen dar, die für die Qualitätssicherung in Bezug auf die spezifische Bauart notwendig sind. So werden Mindestanforderungen definiert, welche für die Auslegung, die Herstellung, die Prüfung, die Dokumentation, den Gebrauch, die Wartung und die Inspektion berücksichtigt werden müssen. Wie bei den Verpackungen für zulassungspflichtige Versandstücke (siehe BAM-GGR 011) wird auch hier, basierend auf den IAEA-Empfehlungen, eine Einteilung in sicherheitsrelevante Klassifizierungsstufen vorgenommen, nach denen sich die Anforderungen für die qualitätssichernden Maßnahmen richten. Weiterhin wird in der GGR beschrieben, welche Unterlagen für den qualitätsgesicherten Betrieb einer Verpackung notwendig sind (z. B. Benutzungs- und Wartungsanleitung, Plan für die wiederkehrenden Prüfungen).

Ein separater Abschnitt widmet sich der Überwachung der Qualitätssicherung während der Fertigung. So nutzt die

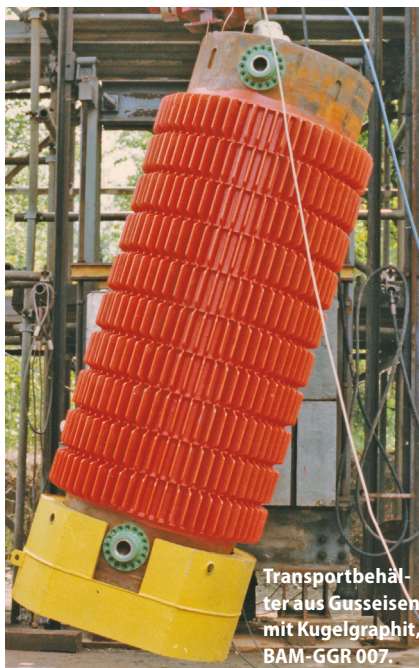
BAM anerkannte Überwachungsstellen, um während der Fertigung stichprobenweise die Einhaltung der Maßnahmen aus dem Qualitätsmanagementplan zu überprüfen. Das Verfahren für die Anerkennung der Überwachungsstellen durch die BAM und die Anforderungen an die Überwachungsstellen werden detailliert dargestellt.

BAM-GGR 017 (Entwurf)

Die BAM ist in der Bundesrepublik Deutschland die zuständige Behörde für die Erteilung einer verkehrsrechtlichen Zulassung für radioaktive Stoffe in besonderer Form. Die vorliegende Gefahrgutregel soll eine Übersicht zu Grundlagen für die Durchführung der Bauartprüfung und zum Verfahren der Zulassung von radioaktiven Stoffen in besonderer Form geben und erläutert die in den gesetzlichen Grundlagen enthaltenen Vorschriften. Die Zusammenfassung der Anforderungen an Auslegung, Fertigung und Betrieb zulassungsfähiger Bauarten soll dem Antragsteller die Information über Inhalt und Umgang der im Zulassungsverfahren vorzulegenden Nachweise und Unterlagen erleichtern. Neben den notwendigen Prüfungen an einem Baumuster zum Nachweis der Einhaltung der Prüfanforderungen werden in dieser Gefahrgutregel auch die im Anschluss durchzuführenden Dichtheitsprüfungen beschrieben. Ebenfalls Gegenstand der Regel sind die Maßnahmen zur Qualitätssicherung für die Auslegung, Fertigung, Prüfung und den Betrieb von radioaktiven Stoffen in besonderer Form und die Maßnahmen vor einer Beförderung.

Des Weiteren wird darauf eingegangen, was für die Erlangung einer Zulassung notwendig ist. So sind darin Angaben zur Zuständigkeit, den einzureichenden Unterlagen, den Inhalten des Zulassungsscheins und zur Gültigkeit und Verlängerung des Zulassungsscheins zu finden.

Steffen Komann, Bernhard Droste, Frank Wille
Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung,
Fachbereich 3.3 Sicherheit von Transportbehältern



Transportbehälter aus Gusseisen mit Kugelgraphit, BAM-GGR 007.