

# **Fertigung von CASTOR® Behältern**

## **Serienfertigung für Deutschland und kundenspezifische Lösungen für ausländische Kunden**

**Daniela Lozinski**  
GNS mbH  
Frohnhauser Straße 67  
45127 Essen  
daniela.lozinski@gns.de

**Katharina Kielar**  
GNS mbH  
Fronhauser Straße 67  
45127 Essen  
katharina.kielar@gns.de

### **ZUSAMMENFASSUNG**

CASTOR® ist das weltweit bekannte Markenzeichen der GNS Gesellschaft für Nuklear-Service mbH und steht für ein High-Tech-Produkt für den sicheren Transport und die Aufbewahrung bestrahlter Brennelemente und hochaktiver Abfälle. GNS ist weltweit einer der erfahrensten Entwickler und Hersteller von Nuklear-Behältern. Weltweit sind schon über 1.900 GNS Behälter für bestrahlte Brennelemente und hochradioaktive Abfälle beladen und eingelagert. Rund 100 weitere Behälter stehen bei Kunden zur Beladung bereit, über 200 zusätzliche Behälter wurden bestellt bzw. sind in Fertigung.

Die in Deutschland etablierte Behältertechnik ist nicht immer unmittelbar auf den internationalen Markt übertragbar. Insbesondere die abweichenden geometrischen Abmessungen der einzulagernden Brennelemente und der internationale Standard, größere Aufnahmekapazitäten anzustreben, bedingen technologische Anpassungen. Neben technischen Charakteristika, die vom gewohnten deutschen Standard abweichen, erfordern auch länderspezifische Nachweispflichten und abweichende Qualitätssysteme eine neue Betrachtung des bisherigen Lösungsansatzes. Marktspezifische Lösungen und nationale Behälterzulassungen sind demnach unabdingbar im internationalen Wettbewerb und müssen bereits frühzeitig vor einem Markteintritt eingeleitet werden. Dieser Herausforderung stellt sich die GNS, indem auf Basis der etablierten deutschen Behältertechnik äquivalente internationale Designs entwickelt werden. Um auf sich wandelnde Kundenansprüche flexibel und dennoch mit maßgeschneiderten Lösungskonzepten reagieren zu können, wurde die CASTOR® geo Reihe konzipiert. Diese beruht auf der Entwicklung eines modularen Konzeptes, mit dem Ziel nur vereinzelte marktspezifische Parameter im Design anpassen zu müssen, welche mit standardisierten Elementen kombiniert werden. Auf dieser Basis erfüllen beispielsweise der CASTOR® geo24B und der CASTOR® geo21B Behälter die belgischen Anforderungen hinsichtlich Aufnahmekapazität und Handhabbarkeit. In diesem Beitrag sollen die Fertigungsabwicklung, die Abnahmeprüfungen sowie Kunden- und Behördenbegleitungen anhand aktueller Beispiele erläutert werden, um einen Einblick zu geben, wie die kundenspezifische Fertigung von Neuprojekten neben einer eingeschwungenen Serienfertigung funktionieren kann.

### **EINLEITUNG**

In Deutschland ist GNS als Tochterunternehmen der vier großen Energieversorger damit beauftragt, die komplette Entsorgung der Reststoffe und Abfälle aus den deutschen Kernkraftwerken bis hin zur Abgabe an die Zwischenlager des Bundes abzuwickeln. Für die deutschen Energieversorger stand bei der Aufgabe der Entsorgung von hochaktiven Abfällen vor allem der Wunsch einer möglichst schnellen Entladung von Brennelementen und damit einer möglichst hohen Wärmeleistung des Behälters im Vordergrund. Für die deutschen Druckwasserreaktoren wurde der CASTOR® V/19 zur Aufnahme von 19 DWR-Brennelementen entwickelt, für die deutschen Siedewasserreaktoren der CASTOR® V/52 zur Aufnahme von 52 SWR-Brennelementen. Knapp 700 Behälter alleine dieser beiden Baureihen sind bis heute beladen und eingelagert.

Für viele Kunden aus dem Ausland hat dagegen häufig ein möglichst großes Fassungsvermögen eines Transport- und Lagerbehälters Priorität. Um diesen Anforderungen besser gerecht zu werden, hat GNS

die CASTOR® geo-Baureihe als modulares Behältersystem entwickelt. CASTOR® geo Behälter können bis zu 37 DWR-BE bzw. 69 SWR-BE mit einer maximalen Anreicherung von rund 5 wt-% 235U, bis zu 74 GWd/MTU Abbrand und mehr als 40 KW Wärmeleistung aufnehmen. Optionen für die trockene Lagerung von MOX-Brennstoffen sind ebenfalls verfügbar. Als Referenz für diese neue Behälterbauart ist zum einen der Betreiber der belgischen Kernkraftwerke Doel und Tihange und zum anderen ein Betreiber aus der Schweiz zu nennen. Für diese beiden Kunden wurde, ausgehend von dem Plattformkonzept dieser Behälterbaureihe, eine individuelle Anpassung an die Kundenforderungen vorgenommen und der CASTOR® geo21B bzw. CASTOR® geo24B für Belgien und der CASTOR® geo32CH für die Schweiz entwickelt. Die Regelwerke zur Entwicklung, Auslegung und letztendlich Fertigung von Transport- und Lagerbehältern sowie die Kundenanforderungen sind landesspezifisch.

Die Fertigungserfahrung von CASTOR®-Behältern und jahrzehntelange Zusammenarbeit mit Behörden und Kunden bietet GNS Vorteile, auch auf Märkten außerhalb von Deutschland unterschiedlichsten Kunden- und Behördenanforderungen entsprechen zu können. Die Fertigung von CASTOR®-Behältern wird im Folgenden anhand einer Gliederung in wesentliche Hauptaspekte beschrieben. Dabei werden verschiedene länderspezifische Beispiele erläutert und bewertet.

## **FERTIGUNG VON CASTOR®-BEHÄLTERN**

Die Fertigung von CASTOR®-Behältern kann in drei Hauptphasen untergliedert werden. Diese umfassen die Fertigungsvorbereitung, die Fertigung der Komponenten mit zugehöriger Bauüberwachung sowie die Assemblierung, welche mit den Prüfungen zur Inbetriebnahme und der Dokumentationsprüfung abgeschlossen wird.

### **1) Fertigungsvorbereitung**

#### **a) Lieferantenauswahl und Qualifizierung**

GNS verfolgt eine Dual-Source-Strategie bei Lieferanten. Dies bedeutet, dass für die wesentlichen Komponenten mindestens zwei Lieferanten für den jeweiligen Leistungsumfang zur Fertigung einer Komponente qualifiziert sind und zur Verfügung stehen. Über regelmäßige Screenings der aktuellen Lieferantenstruktur werden in Abstimmung mit dem Einkauf Engpässe oder anderweitige Risikopositionen analysiert, bewertet und falls erforderlich, Maßnahmen ergriffen. Bei speziellen Prozessen, welche auf Know-how einzelner Lieferanten basieren, gibt es kommerzielle und technische Absicherungsstrategien, um auch hier möglichen Ausfällen mit geringsten Auswirkungen auf die laufende Fertigung begegnen zu können. Damit betreibt GNS aktiv ein risikominimierendes Lieferantenmanagement. Aktuell befinden sich ca. 200 qualifizierte und freigegebene Lieferanten für die Herstellung von Komponenten der Sicherheitsstufe 1 und 2 im Pool der GNS. Für die meisten dieser Lieferanten beruht die Zusammenarbeit mit der GNS auf jahrzehntelanger, erfolgreicher Kooperation. Die Lieferanten kennen die Anforderungen der GNS und der jeweiligen Regelwerke wie BAM-GGR 011 [1] u. ä. Dieser Lieferantenpool, welcher stets qualifiziert gehalten wird, ist auch eine wichtige Basis für Projekte im Ausland. Über Ergänzungs- bzw. Aufbauqualifizierungen bis hin zu Erfahrungsberichten als Grundlage zur Akzeptanz von Lieferanten bei ausländischen Behörden und Kunden sind verschiedene Methoden bekannt und werden praktiziert, um kurzfristig eine valide Lieferantenstruktur in neuen Projekten etablieren zu können.

#### **b) Erstellung, Prüfung und Freigabe von Fertigungsunterlagen**

Die für eine Komponente erforderlichen Fertigungsspezifikationen werden von GNS erstellt und auftragsbezogen an die jeweiligen Lieferanten übergeben. Dies bietet den Vorteil, dass die Grundlagen für alle Lieferanten gleich und im Vorfeld bekannt sind. Die Lieferanten erstellen auf Basis der übergebenen Unterlagen mit ihrem eigenen Prozess-Know-How die jeweiligen Fertigungs- und Prüffolgepläne sowie ggf. erforderliche Ausführungsunterlagen. GNS gibt dabei nicht nur Kriterien für erforderliche Prüfungen vor, sondern auch die entsprechenden Prüfvorschriften welche beschreiben, wie die jeweilige Prüfung im Detail zu erfolgen hat. Neueinführungen von Prüfvorschriften werden durch die GNS-Prüfaufsicht geschult und die Erstanwendung begleitet.

Diese Philosophie wird auch bei den neuen Behälterbauarten der geo-Baureihe verfolgt. Dies bietet den Vorteil, dass der generelle Umgang mit solchen Vorschriften bei den Lieferanten ein etabliertes System ist. Die Ausgestaltung von Fertigungs- und Prüffolgeplänen weicht in Details bei den verschiedenen länderspezifischen Regelwerken voneinander ab, das Grundverständnis ist jedoch identisch. Für diese Behälterbauteile sind in den jeweiligen FPP die wesentlichen Fertigungs- und Prüffolgeschritte aufgeführt. Für die einzelnen Prüfschritte sind die an der Prüfung beteiligten Institutionen (Abnahmebeauftragte des Herstellers, örtliche Sachverständige, Behörden, Kunden etc.), die Art der zu

erstellenden Prüfbescheinigungen sowie die anzuwendenden Arbeits- und Prüfvorschriften anzugeben. Die Prüfbeteiligung richtet sich nach der sicherheitstechnischen Bedeutung der Behälterkomponenten bzw. ihrer Eigenschaften.

Gemäß des in Deutschland gültigen Regelwerkes BAM-GGR 011 [1] sowie QÜ-Vermerk [2] wird eine Klassifizierung in drei Stufen vorgenommen. Diese Einstufung findet sich in ähnlicher Art auch in den Schweizer Regelwerken des Leitfadens für Verpackungen [3] und der ENSI G05 [4] wieder. Bauteile der ersten beiden Sicherheitsstufen werden in Deutschland und in der Schweiz grundsätzlich nur auf Basis behördlich vorgeprüfter FPP gefertigt.

Die Komponentenfertigung und Behälterassemblierung für den belgischen Kunden wird mittels FPP gesteuert und dokumentiert, welche durch den Kunden und, bei Komponenten die direkt zur dichten Umschließung beitragen, durch deren zugezogenen Sachverständigen geprüft werden. Eine behördliche Freigabe von FPP ist nicht vorgesehen.

In der Schweiz sowie in Belgien trägt der Kunde als späterer Eigentümer und Halter der Bauartfreigabe bzw. der Lagergenehmigung eine wesentliche Verantwortung im Rahmen der Behälterfertigung. Alle vorprüfpflichtigen Unterlagen werden zuerst durch den Kunden geprüft und freigegeben.

## **2) Fertigung und Bauüberwachung**

In Deutschland werden Anforderungen an eine Behälterbauart im Hinblick auf die Funktion als Transport- und Lagerbehälter im verkehrsrechtlichen Zulassungsschein für ein Versandstückmuster des Typs B(U)F in Form der zugelassenen „Stückliste Transportkonfiguration“ und die in der jeweiligen Aufbewahrungsgenehmigung festgelegten „Stückliste Lagerkonfiguration“ eindeutig festgelegt. Über die Stücklisten sind den einzelnen Komponenten einer Bauart spezifische Zeichnungen, Werkstoffspezifikationen und Normen zugeordnet, welche ihre wesentlichen Eigenschaften festlegen.

Dieses Prinzip findet sich in ähnlicher Weise auch in den Schweizer- und belgischen Regelwerken wieder. Der grundlegende Unterschied besteht darin, dass in der Schweizer und belgischen Zulassung nicht die späteren Fertigungsunterlagen verankert sind, wie dies in den deutschen Zulassungen der Fall ist, sondern ein eigenständiger Satz an sogenannten Auslegungsunterlagen. Aus diesen Auslegungsunterlagen wird ein separater Satz an Fertigungsunterlagen abgeleitet. Der Detaillierungsgrad dieser beiden Unterlagensätze unterscheidet sich darin, dass in den Auslegungsunterlagen nur diejenigen Informationen, Kennwerte und Maße enthalten sind, welche eine direkte Relevanz für die Behälterauslegung haben. Die Fertigungsunterlagen hingegen beinhalten Informationen, welche durch die Lieferanten benötigt werden, um eine spezifikationsgerechte Komponente fertigen zu können. Am Beispiel der Fertigung für CASTOR®-Komponenten, welche dem Schweizer Regelwerk unterliegen, lässt sich als Vorteil dieser Unterlagentrennung nennen, dass bei auftretenden Abweichungen diese nur dann durch die Schweizer Behörde ENSI geprüft und bewertet werden müssen, wenn auslegungsrelevante Kennwerte betroffen sind. Fehler in Bezug auf die anzuwendenden Fertigungsunterlagen können hingegen durch GNS, Kunde und zugezogenen Sachverständigen bewertet werden, wodurch der Prozess der Bearbeitung von Abweichungen zeitlich beschleunigt ist.

Die Komponentenfertigung und Assemblierung von Behältern wird bei den CASTOR® geo-Behältern intensiv durch die Kunden begleitet. Bei der Teilnahme von Prüfschritten werden nicht nur der eigentliche Prüfschritt kontrolliert, sondern auch stichprobenweise die Eignungsnachweise des eingesetzten Personals, der Umgang und die Handhabung von Fertigungsspezifikationen u. ä. Die Teilnahme an Prüfschritten wird in dem jeweiligen FPP abgezeichnet sowie auf den entsprechenden Nachweisen und Prüfprotokollen dokumentiert. In Deutschland wird die Komponentenfertigung und Assemblierung je nach Kunden in unterschiedlicher Intensität begleitet, eine Teilnahme an Prüfschritten wird jedoch weder in den FPP noch in Nachweisen eingetragen. In den deutschen Projekten werden für alle Prüfungen auf 3.2 Niveau im Rahmen der Komponentenfertigung und Behälterassemblierung standortspezifisch benannte unabhängige Sachverständige eingesetzt. Diese sind im Auftrag des Herstellers bzw. Fertigers mit Zustimmung der zuständigen Behörde tätig und Abnahmebeauftragte im Sinne der DIN EN 10204. Diese unabhängigen Sachverständigen durchlaufen ein Anerkennungsverfahren, welches koordiniert und verantwortet wird durch den von der zuständigen Behörde zugezogenen Sachverständigen. Zusätzlich werden ausgewählte Prüfschritte im Rahmen der Komponentenfertigung stichprobenweise durch den zugezogenen Sachverständigen der zuständigen Behörde begleitet, welcher auch die Prüfungen zur Inbetriebnahme während der Assemblierung begleitet.

Nach Abschluss der Fertigung einer Komponente für Schweizer und belgische CASTOR®-Behälter wird die Fertigungsdokumentation durch GNS, Kunde und falls erforderlich, Gutachter/Behörde geprüft. In

Deutschland erhält der Kunde die Gesamtdokumentation nach Abschluss der Assemblierung und Ausstellung der verkehrsrechtlichen Abnahmebescheinigung durch den in Deutschland benannten behördlichen Sachverständigen. Für die Fertigung von Komponenten des CASTOR®-Behälters für Belgien gilt, dass ein Weiterverarbeitungsschritt einer Komponente mit einem neuen FPP erst begonnen werden darf, wenn der FPP und die Dokumentation des Vorerzeugnisses extern geprüft und freigegeben wurden. Diese Besonderheit ist insbesondere in der Gesamtfertigungsplanung für die belgischen Behälter zu berücksichtigen.

### 3) Assemblierung, Prüfungen zur Inbetriebnahme und Dokumentationsprüfung

Die Assemblierung eines jeden CASTOR®-Behälters wird in der GNS-eigenen Betriebsstätte in Mülheim/Ruhr durch GNS-Personal durchgeführt. Die einzelnen Komponenten werden nach Anlieferung durch den Lieferanten einer Wareneingangsprüfung unterzogen und stehen nach der Prüfung und Freigabe der Komponentendokumentationen für die Assemblierung zur Verfügung. Während der Assemblierung durchläuft jeder Behälter unterschiedlichste Prüfungen. Dazu gehören bei CASTOR®-Behältern für den Einsatz in Deutschland u. a. Dichtheitsprüfungen der Bodenverschlussplatte (s. Abb.4) und Dichtheitsprüfungen des Doppeldeckelsystems (Primär- und Sekundärdeckel) (s. Abb. 5) sowie Belastungsprüfungen der Lastanschlagpunkte. In der Schweiz kommt zu diesen bekannten Abnahmeprüfungen u.a. eine hydrostatische Druckprüfung des Sperrraums zwischen Primär- und Sekundärdeckel hinzu. Diese Art der Prüfung ist bekannt z. B. aus dem Druckbehälterbau, um Schweißnähte auf Dichtheit zu prüfen. Da CASTOR®-Behälter aus einem monolithischen Gussbehälterkörper bestehen, ist die hydrostatische Prüfung in dieser Form für die CASTOR®-Behälter für die Schweiz eine neue Anforderung für die GNS gewesen. Mit inzwischen schon insgesamt 13 Stück gefertigten und assemblierten CASTOR®-Behältern für den Einsatz in der Schweiz konnte auch diese neue Anforderung nachweislich erfüllt werden. Da diese Art der Prüfung auch für die CASTOR® geo-Behälter für Belgien durchgeführt werden muss, kann Kredit von den bereits für die Schweiz gemachten Erfahrungen zum Prüfaufbau und -ablauf genommen werden. Eine Implementierung dieser Prüfungen in die Assemblierung des Erstmusterbehälters CASTOR® geo24B erfolgte auf diese Weise ohne besondere Vorkommnisse oder Herausforderungen. Auch für die CASTOR®-Behälter für Belgien werden Dichtheitsprüfungen gefordert (s. Abb.1) sowie Belastungsprüfungen der Lastanschlagpunkte (s. Abb 2 und 3). Ein Unterschied besteht in der Auslegung der Tragzapfen und damit u.a. auch in der aufzubringenden maximalen Betriebslast während der Belastungsprüfung. Die CASTOR®-Behälter für Deutschland besitzen je zwei deckelseitige und zwei bodenseitige Tragzapfen, welche angeschraubt sind. Bei der Belastungsprüfung muss nachgewiesen werden, dass jedes Tragzapfenpaar und dessen Verbindung zum Behälterkörper jeweils dem 1,5fachen der maximalen Betriebslast bei statischer Last ohne bleibende Verformung standhalten. Die Tragzapfen sind nach erhöhten Anforderungen gemäß Richtlinie KTA 3905 Abschnitt 4.3 ausgelegt, aus denen sich auch die Vorgaben zu Prüflasten, durchzuführenden Prüfungen und die jeweiligen Kriterien ableiten lassen. Der belgische CASTOR® geo-Behälter besitzt vier deckelseitig angeschraubte Tragzapfen und bodenseitig zwei angegossene Wendezapfen. Für die vier deckelseitigen Tragzapfen ist eine Belastungsprüfung mit statischer Last von 4 x 120 Mg durchzuführen, wobei die Betriebslast jeweils paarweise auf die deckelseitigen Tragzapfen aufzubringen ist. Die bodenseitig angegossenen Wendezapfen werden mit einer statischen Betriebslast von 2 x 120 Mg geprüft.



CASTOR® geo24B

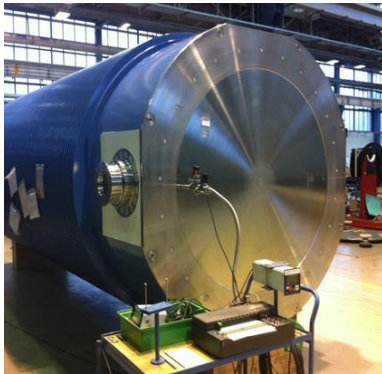
Abb.1 Dichtheitsprüfung



Abb.2 Belastungsprüfung



Abb.3 Überprüfung auf bleibende Verformung nach der Belastungsprüfung



CASTOR® V/19

Abb.4 Dichtheitsprüfung Bodenverschlussplatte



Abb.5 Dichtheitsprüfung

Nach Abschluss der Assemblierung und der Abnahmeprüfungen erfolgt eine umfangreiche Prüfung der gesamten fertigungsbegleitenden Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit. Nach Prüfung durch GNS als Hersteller und Behälterkonstrukteur wird die Dokumentation in Deutschland von der zuständigen Behörde geprüft und die Übereinstimmung mit den Vorgaben der Zulassung durch Stempung des Typenschilds und Ausstellung einer verkehrsrechtlichen Abnahmebescheinigung bestätigt. In der Schweiz erstellt der Kunde nach Überprüfung der Dokumentation einen eigenen Bericht zur Fertigungsbegleitung, welcher an den zugezogenen Sachverständigen mit übergeben wird. Nach Prüfung der Gesamtdokumentation durch den SVTI-N als zugezogenen Sachverständigen der Schweizer Behörde ENSI wird eine behördliche Registrierbescheinigung ausgestellt. Das Typenschild wird in diesem Fall durch GNS, nach Abschluss der letzten erfolgreich durchgeführten Prüfung zur Inbetriebnahme und Ausstellung der GNS Bauprüfbescheinigung, gestempelt.

## FAZIT

Anhand der exemplarisch dargestellten Abläufe und Teilschritte im Rahmen der CASTOR®-Fertigung ist ersichtlich, dass die wesentlichen Grundlagen in den hier dargestellten Zielländern ähnlich sind. GNS hat bisher weltweit ca. 1900 Behälter für hochaktive Abfälle und bestrahlte Brennelemente beladen und eingelagert mit knapp 700 CASTOR® V-Behälter alleine für den deutschen Markt. Damit liegt eine umfangreiche Fertigungserfahrung bei den Komponenten, der Assemblierung sowie im Umgang mit behördlichen Anforderungen, Regelwerken und Kundeneinbindungen vor. Ausgehend von dieser Basis sind Adaptierungen auf die geänderten Kundenanforderungen und Regelwerke in den neuen Zielmärkten als Erweiterung bzw. Anpassung zu verstehen und nicht als grundlegend neuer Aufbau einer Fertigung. Dies bietet vielfache Vorteile für neue Kunden. GNS kann etablierte Standardstrukturen in der Fertigungsabwicklung anbieten, auf einen umfangreichen qualifizierten Lieferantenpool zurückgreifen und dabei eine hohe Flexibilität im Umgang mit neuen Kunden- und Behördenanforderungen bieten.

## LITERATUR

- [1] BAM GGR011 Rev. 1 vom 01.10.2018 „Maßnahmen zur Qualitätssicherung von Verpackungen zulassungspflichtiger Bauarten für Versandstücke zur Beförderung radioaktiver Stoffe“
- [2] Vermerk BAM II.3, BfS ET-S2, TÜV H-S/SA vom 03.09.1997 i.d.F. vom 14.01.1998, „Maßnahmen zur Qualitätssicherung und –überwachung bei der Fertigung und Inbetriebnahme der verkehrsrechtlich zugelassenen Behälter zur Zwischenlagerung radioaktiver Stoffe“
- [3] ENSI Leitfaden für Verpackungen radioaktiver Stoffe – Leitfaden für das Qualitätsmanagement bei der Herstellung und Verwendung von Verpackungen für die Beförderung radioaktiver Stoffe“ Ausgabe Juli 2015
- [4] ENSI-G05 Richtlinie für die schweizerischen Kernanlagen „Auslegung und Fertigung von Transport- und Lagerbehältern für die Zwischenlagerung“ Ausgabe Oktober 2021
- [5] 30/11/11 Safety requirements for nuclear installations – Royal Decree of 30 November 2011 on the safety requirements for nuclear installations