

Erfragung Abschirmungs-Leistung des CSD-VG 2.0 Cigeo Endlager-Gebindes - mit der Google KI - durch Ing. Goebel – am 22.08.2026

haw glas **bestehend** aus borosilikatglas und Caesium und Strontium ca. 10 Jahre alt

Ein HAW-Glas (High Active Waste) aus Borosilikatglas mit Cäsium und Strontium ist ein spezielles Produkt der HAW-Verglasung zur sicheren, dauerhaften Bindung hochradioaktiver Spaltprodukte aus der Kerntechnik. Nach rund 10 Jahren klingt die erzeugte Nachzerfallswärme und Radioaktivität (insbesondere durch Cs-137 und Sr-90) bereits spürbar ab, das Material bleibt jedoch hochgradig über Jahrzehnte bis Jahrhunderte Überwachungsbedürftig.

Deutscher Bundestag +2

Eigenschaften und Zweck

- **Matrix:** Stabiles Borosilikatglas schließt die radioaktiven Oxide fest ein.
- **Inhaltsstoffe:** Spaltprodukte wie Cäsium und Strontium (z. B. aus der Wiederaufarbeitung).
- **Alter (10 Jahre):** Das Glas befindet sich in einer Phase starker Wärmeabnahme, strahlt aber weiter intensiv und wird in Glaskokillen gehandhabt.

Deutscher Bundestag +4

in einem Behälter mit Durchmesser innen 250 mm und höhe innen 500 mm umgeben von 135 mm Edelstahl und 165 mm Edelstahlguss

Bei dieser Geometrie handelt es sich um eine hochabschirmende **Abfall- oder Transportkonstruktion**, die speziell für die extreme Gamma- und Betastrahlung von Cäsium (Cs-137) und Strontium (Sr-90) ausgelegt ist.

Der Behälter fasst rund **24,5 Liter HAW-Borosilikatglas** und besitzt eine massive, zweischichtige Metallabschirmung von insgesamt **300 mm Wandstärke**.

Geometrische & physikalische Eckdaten

- **Glasvolumen:** Ca. **24,54 Liter** Borosilikatglas-Matrix bei vollständiger Befüllung.
- **Glasmasse:** Ca. **61 bis 64 kg** (basierend auf einer typischen Dichte von $\sim 2,5$ bis $2,6 \text{ g/cm}^3$ für nukleares Borosilikatglas).
- **Abschirmung:**
- **Innere Schicht:** 135 mm Edelstahl (hohe Korrosionsbeständigkeit gegen die Glasmatrix und mechanische Stabilität).
- **Äußere Schicht:** 165 mm Edelstahlguss (primär zur massiven Reduktion der harten Gammastrahlung von Cs-137 und zum Stoßschutz).

Zustand nach ca. 10 Jahren

1. **Strahlenabschirmung:** Die 300 mm dicke Stahlwand blockiert die Beta-Strahlung von Strontium-90 vollständig und senkt die hochenergetische Gammastrahlung von Cäsium-137 (bzw. dessen Tochternuklid Barium-137m) an der Behälteroberfläche auf ein handhabbares Niveau ab.
2. **Wärmeentwicklung:** Nach 10 Jahren hat sich die anfänglich extreme Nachzerfallswärme der Spaltprodukte bereits deutlich reduziert. Dennoch erzeugt die Menge an Cs-137 und Sr-90 in diesem Volumen weiterhin eine messbare thermische Leistung, die über die massiven Metallwände an die Umgebung abgegeben wird.
3. **Materialzustand:** Das Borosilikatglas hat nach einer Dekade bereits erhebliche Strahlendosen (Alpha-/Betabeschuss, Gammastrahlung) absorbiert. Seine amorphe Netzwerkstruktur verhindert jedoch verlässliche Risse, sodass die Radionuklide weiterhin sicher immobilisiert bleiben.

Wenn Sie möchten, kann ich für Sie Folgendes berechnen oder heraussuchen:

- Das **Gesamtgewicht** des leeren und befüllten Behälters.
 - Die ungefähre **Restwärmeleistung** nach 10 Jahren Abklingzeit.
- Code anzeigen



1. Abschätzung der Restwärmeleistung

Nach 10 Jahren Abklingzeit wird die thermische Leistung von HAW-Glas fast ausschließlich durch den Betazerfall von **Strontium-90** (^{90}Sr) und den Gamma-/Betazerfall von **Cäsium-137** (^{137}Cs) dominiert. Actiniden spielen zu diesem frühen Zeitpunkt thermisch noch eine untergeordnete Rolle.

- **Typische spezifische Wärmeleistung:** Ein frisch verglastes HAW-Gebinde erzeugt ca. 10 bis 20 Watt pro Kilogramm Glas. Nach **10 Jahren** ist dieser Wert auf etwa **3,5 bis 5 Watt pro Kilogramm** abgeklungen.

- **Berechnung für Ihre Glasmasse (63,8 kg):**

$\text{Restwärmeleistung} \approx 63,8 \text{ kg} \times 4 \text{ W/kg} \approx \mathbf{220 \text{ bis } 320 \text{ Watt}}$



Thermischer Effekt: Ein Dauerbetrieb von rund 250 Watt führt dazu, dass sich die Außenseite des massiven Metallbehälters an der Luft spürbar erwärmt (je nach Umgebungskühlung schätzungsweise auf ca. 45–60 °C), die Wärme kann jedoch problemlos passiv über die Oberfläche abgelenkt werden.



2. Abschätzung der Dosisleistung (Abschirmwirkung)

Die Dosisleistung direkt an der ungeschützten Glasmatrix wäre extrem lebensbedrohlich (mehrere hundert Gray bzw. Sievert pro Stunde). Ihr Behälter besitzt jedoch eine hervorragende, **300 mm dicke kombinierte Stahlabschirmung** (135 mm Edelstahl + 165 mm Edelstahlguss).

Strahlungsarten im Vergleich:

1. **Betastrahlung (^{90}Sr / ^{137}Cs):** Wird bereits durch die ersten Millimeter des inneren Edelstahlbehälters **vollständig (zu 100 %) gestoppt**.
2. **Gammastrahlung ($^{137}\text{Cs} \rightarrow ^{137\text{m}}\text{Ba}$):** Die hochenergetischen Photonen (0,662 MeV) besitzen eine hohe Durchdringungskraft und erfordern die massive Wandung.

Dämpfungsberechnung durch 30 cm Stahl:

- Die Halbwertsschichtdicke (HWS) von Stahl/Eisen für die Gammastrahlung von Cäsium-137 beträgt etwa **1,3 bis 1,6 cm**.
- 300 mm (30 cm) Abschirmung entsprechen damit etwa **19 bis 23 Halbwertsschichten**.
- Rein rechnerisch wird der ungeschützte Photonenfluss im Material um den Faktor $(2^{21} \approx 2.000.000)$ (2 Millionen) gedämpft. Unter Berücksichtigung des sogenannten *Buildup-Faktors* (Streustrahlung im dicken Material) verbleibt ein realer Schwächungsfaktor von etwa (10^{-5}) bis (10^{-6}) .

Resultierende Dosisleistung an der Behälteroberfläche:

- **In 1 Meter Abstand:** Aufgrund des quadratischen Abstandsgesetzes und der massiven 30-cm-Stahlwand sinkt die Äquivalentdosisleistung im Umfeld typischerweise auf Werte im Bereich von **wenigen Mikrosievert pro Stunde ($\mu\text{Sv/h}$)** bis hin zu niedrigen Millisievert-Bereichen an Engstellen.
- **Einstufung:** Der Behälter erfüllt damit die typischen Sicherheitskriterien für Transport- und Lagerbehälter (wie das CASTOR-Prinzip), bei denen an der Außenfläche strenge Grenzwerte (z. B. maximal 2 mSv/h direkt auf der Oberfläche laut Gefahrgutrecht) für den sicheren Umgang durch Betriebspersonal eingehalten werden müssen.

bitte die abschirmwirkung in prozent beziffern

Mit einer Gesamtwandstärke von **300 mm (30 cm) Stahl** erzielt Ihr Behälter eine nahezu vollständige Abschirmung der radioaktiven Strahlung. Die Wirkung lässt sich für die beiden dominierenden Strahlungsarten wie folgt in Prozent beziffern:

1. Betastrahlung (aus dem Zerfall von Strontium-90 und Cäsium-137)

- **Abschirmwirkung: 100 %**
- **Erklärung:** Betastrahlung besteht aus Elektronen, die in festen Stoffen eine Reichweite von nur wenigen Millimetern haben. Bereits die ersten 5 bis 10 mm der inneren Edelstahlwand blockieren diese Strahlung vollständig. Es dringt kein einziges Beta-Teilchen nach außen.

2. Gammastrahlung (aus dem Zerfall von Cäsium-137 / Barium-137m)

- **Abschirmwirkung: > 99,999 %**
- **Erklärung:** Gammastrahlung ist hochenergetische elektromagnetische Strahlung (Photonen) und hat theoretisch keine unendliche Blockadegrenze, sondern wird exponentiell abgeschwächt.
- Bei einer Dicke von 30 cm Stahl wird der Strahlungsstrom (unter Berücksichtigung von Streueffekten im Material, dem sogenannten Buildup-Faktor) um den Faktor **100.000 bis 1.000.000** reduziert.

Das bedeutet im Umkehrschluss: **Weniger als 0,001 %** (ein Hunderttausendstel) bis **0,0001 %** (ein Millionstel) der ursprünglichen Gammastrahlung schafft es überhaupt durch die massiven Wände nach draußen.

Möchten Sie als Nächstes erfahren, wie schwer der **gesamte Behälter mit dieser massiven Abschirmung** ist, oder interessiert Sie die **Temperatur**, die sich an der Außenwand einstellt?

nach 10 Jahren

Wenn der Behälter bereits **nach 10 Jahren** (also direkt nach der Einlagerung) in **500 Metern Tiefe im Gestein** steht, sieht die Situation völlig anders aus. In dieser Phase ist der Behälter auf seinem thermischen Höhepunkt. Die Wärme kann im tiefen Gestein nicht mehr so leicht entweichen wie an der freien Luft [ca. 10(2003)].

Die Temperatur setzt sich wie folgt zusammen:

1. Ausgangstemperatur im Gestein

- Die natürliche Gesteinstemperatur in 500 Metern Tiefe liegt unverändert bei **ca. 25 °C**.

2. Die Wärmeleistung nach 10 Jahren

- Wie zuvor berechnet, produziert das HAW-Glas zu diesem Zeitpunkt **ca. 220 bis 320 Watt** an kontinuierlicher Nachzerfallswärme.

3. Resultierende Temperatur am Behälter

Da Gestein (egal ob Steinsalz, Ton oder Granit) Wärme nur sehr langsam leitet, staut sich die Energie in der unmittelbaren Umgebung des Behälters massiv an.

- **Verhalten nach der Einlagerung:** Direkt nach dem Einbringen in das Bohrloch steigt die Temperatur an der Behälteraußenwand und im direkt angrenzenden Gestein steil an.
- **Temperaturspitze:** Nach wenigen Monaten bis wenigen Jahren im Gestein wird das thermische Maximum erreicht.
- **Ergebnis:** Bei einer Heizleistung von rund 250 bis 300 Watt wird sich die Außenwand des Behälters im geschlossenen Gestein auf **ca. 100 °C bis 150 °C** erhitzen.

Danke Google KI – you can understand me now !

Mit besten Grüßen aus Deutschland

Volker Goebel – Dipl.-Ing. - Endlager-Planer