

»»» Welche Brennelemente sind am häufigsten in den USA ?

PWR – Pressure WR – XL – Brennstäbe 540 kg – Länge 4,1 m – B + H = 214 mm
BWR – Boiling WR – XS – Brennstäbe 200 kg – Länge 4.47 m – B + H = 139 mm

In den USA sind **Brennelemente aus niedrig angereichertem Urandioxid (UO_2) für Leichtwasserreaktoren** am häufigsten im Einsatz. Da alle 94 kommerziellen Kernreaktoren der Vereinigten Staaten Leichtwasserreaktoren sind, dominieren zwei spezifische Bauformen den Markt: [1, 2]

1. Die zwei häufigsten Bauformen (Reaktortypen)

- **Druckwasserreaktor-Brennelemente (PWR).** Diese machen rund zwei Drittel des US-Marktes aus, da etwa 63 der 94 US-Reaktoren Druckwasserreaktoren sind. Sie bestehen meist aus quadratischen Bündeln (z. B. 17×17 oder 15×15 Brennstäbe) ohne eigenen Kasten.
- **Siedewasserreaktor-Brennelemente (BWR).** Sie decken das restliche Drittel ab (ca. 31 Reaktoren). Diese Bündel sind kompakter (oft 10×10 Stäbe) und von einem sogenannten Brennstoffkasten aus Zirkoniumlegierung umgeben, der den Dampf-Wasser-Strom leitet.

2. Brennstoff und Zusammensetzung

- **Material.** Der eigentliche Brennstoff besteht fast ausschließlich aus gesinterten, zylindrischen Keramik-Tabletten (Pellets) aus **Urandioxid (UO_2)**. [1, 2]
- **Anreicherungsgrad.** Verwendet wird niedrig angereichertes Uran (LEU) mit einem Anteil des spaltbaren Isotops **Uran-235 von 3 % bis 5 %**. (Erste Tests mit höher angereichertem LEU+ bis 8 % laufen bereits in Anlagen wie dem Kernkraftwerk Vogtle.) [1, 2]
- **Hüllrohre.** Die Pellets sind in gasdichte Hüllrohre aus einer **Zirkoniumlegierung (Zircaloy)** gefüllt, die neutronendurchlässig und extrem hitzebeständig sind.

3. Wichtigste Hersteller in den USA

Der US-Markt für Brennelemente wird von drei großen Anbietern dominiert, die eigene Fertigungsstätten im Land betreiben: [1, 2, 3]

- **Westinghouse Electric Company** (Hauptlieferant für PWR-Brennelemente, Werk in Columbia, South Carolina)

- **Global Nuclear Fuel (GNF)** (Joint Venture unter Führung von GE Vernova, Marktführer für BWR-Brennelemente, Werk in Wilmington, North Carolina)
- **Framatome** (liefert sowohl PWR- als auch BWR-Brennelemente, Werk in Richland, Washington) [1, 2, 3]

Aufschlüsselung Massen-Bestandteile der US Brennelemente von PWR BWR

Bei US-Brennelementen macht das **Urandioxid (UO_2) rund 75 % bis 80 % der Gesamtmasse** aus, während der Rest auf Zirkoniumlegierungen sowie geringe Anteile an Edelstahl und Nickelbasislegierungen entfällt.

Da sich die Bauformen je nach Hersteller (Westinghouse, Framatome, GNF) leicht unterscheiden, basieren die folgenden Werte auf den gängigsten US-Standarddesigns: dem **PWR 17×17-Bündel** und dem **BWR 10×10-Bündel**. [1, 2]

Massen-Vergleich: PWR vs. BWR (Standard-Brennelement)

Bestandteil / Material	Druckwasserreaktor (PWR 17×17)	Siedewasserreaktor (BWR 10×10)	Verbaute Komponenten
Gesamtmasse (ca.)	**~ 650 – 680 kg** (ca. 1.500 lbs)	**~ 230 – 270 kg** (ca. 500–600 lbs)	Komplettes Brennelement inkl. Struktur
Urandioxid (UO_2)	**~ 520 – 540 kg** (~ 78–80 %)	**~ 175 – 200 kg** (~ 73–76 %) Bedeutet bei 1 ganzem Brennstab im Vakuum Ofen einen Pu Anteil von 2 kg !! bei 200 kg UO2 Ofen-Menge	Gesinterte Brennstoff-Pellets (davon ~ 88 % reines Uran-Metall, ~ 12 % Sauerstoff)
Zirkoniumlegierung (Zircaloy-2/-4, ZIRLO, M5)	**~ 110 – 120 kg** (~ 17–18 %)	**~ 50 – 65 kg** (~ 20–24 %)	Brennstab-Hüllrohre, Führungsrohre (PWR), Wasserkanäle & **Brennstoffkasten** (BWR), mittlere Abstandshalter

Edelstahl (z. B. Typ 304)	**~ 12 – 18 kg** (~ 2 %)	**~ 6 – 10 kg** (~ 2–3 %)	Kopf- und Fußstücke (Nozzles / Tie Plates), interne Stützfedern in den Stäben
Nickelbasislegierung (Inconel 718 / X-750)	**~ 3 – 5 kg** (< 1 %)	**~ 1 – 3 kg** (< 1 %)	Oberste/unterste Abstandshaltergitter (PWR), kleine Haltefedern an den Abstandshaltern

Zentrale Unterschiede in der Massenverteilung

- **Höherer Zirkonium-Anteil beim BWR.** Ein BWR-Brennelement hat einen spürbar höheren Massenanteil an Zirkoniumlegierungen als ein PWR-Element. Der Grund ist der massive äußere **Brennstoffkasten (Channel Box)** (ca. 25–30 kg allein), der das Bündel umschließt und beim PWR komplett fehlt. [1]
-
- **Reines Schwermetall (Uran).** Zieht man den chemisch gebundenen Sauerstoff aus den UO_2-Pellets ab, liegt die reine Uranmasse (Heavy Metal) bei einem US-PWR-Element bei etwa **460 kg** und bei einem US-BWR-Element bei etwa **155 bis 175 kg**.
-
- **Spurenanteile (Abbrennbare Absorber).** In beiden Reaktortypen sind einigen UO_2-Pellets geringe Mengen (meist 2 % bis 8 % der Pelletmasse) an **Gadoliniumoxid (Gd_2O_3)** oder Erbiumoxid beigemischt, um die Reaktivität zu Beginn eines Brennstoffzyklus zu steuern. [1]

Möchten Sie die Massenaufschlüsselung für ein **spezifisches Hersteller-Design** (z. B. *Westinghouse 17×17 RFA* oder *GNF2 / GNF3*) oder die **radioaktive Inventar-Verteilung** nach dem Abbrand im Reaktor betrachten?

Abmessungen der US Brennstäbe PWR und BWR

In den USA sind **PWR-Brennstäbe deutlich schlanker (ca. 9,5 mm Durchmesser)** und dichter gepackt, während **BWR-Brennstäbe etwas dicker (ca. 10,3 mm Durchmesser)** ausfallen und in kürzeren, kompakteren Bündeln angeordnet sind.

Da US-Kernkraftwerke von verschiedenen Herstellern (vor allem *Westinghouse*, *Framatome* und *Global Nuclear Fuel / GNF*) beliefert werden, gibt es leichte Abweichungen. Die folgende Übersicht zeigt die typischen Abmessungen der beiden dominierenden US-Standarddesigns (**PWR 17×17** und **BWR 10×10**):

Abmessungen im Vergleich: Einzelner Brennstab & Gesamtbündel

Merkmal / Maß	Druckwasserreaktor (PWR 17×17) x 17 x 17 die sind 4 Eckig	Siedewasserreaktor (BWR 10×10) x 10 x10 die sind 4 Eckig
Brennstab-Außendurchmesser	**~ 9,50 mm** (0,374 Zoll)	**~ 10,26 mm** (0,404 Zoll)
Hüllrohr-Wandstärke	**~ 0,57 mm** (0,0225 Zoll)	**~ 0,66 mm** (0,026 Zoll)
UO_2-Pellet-Durchmesser	**~ 8,19 mm** (0,3225 Zoll)	**~ 8,76 mm** (0,345 Zoll)
Pellet-Höhe	**~ 9,8 – 11,0 mm**	**~ 10,0 – 10,7 mm**
Aktive Brennstofflänge (Pelletsäule)	**~ 3.658 mm** (3,66 m / 12 Fuß)*	**~ 3.680 – 3.810 mm** (3,68–3,81 m)
Gesamtlänge des Brennelements	**~ 4.060 – 4.100 mm** (ca. 4,1 m)	**~ 4.470 mm** (ca. 4,47 m inkl. Griff & Fuß)
Querschnitt des Bündels	**~ 214 × 214 mm**	**~ 139 × 139 mm**
Stab-Mittenabstand (Pitch)	**~ 12,6 mm** (0,496 Zoll)	**~ 13,0 mm** (0,510 Zoll)
Anzahl Brennstäbe pro Bündel	**264 Stäbe** (plus 25 Führungs-/Instrumentierungsrohre)	**91 bis 96 Stäbe** (restliche Plätze für 1–2 interne Wasserkanäle)

Hinweis: Einige neuere US-Druckwasserreaktoren (z. B. Westinghouse AP1000 in Vogtle oder ältere Combustion-Engineering-Anlagen) nutzen längere Brennelemente mit einer aktiven Brennstofflänge von ca. **4.270 mm (14 Fuß).*

Wichtige bauliche Details der Stäbe

- **Helium-Vorpressung (Plenum).** Zwischen dem UO_2-Pellet und der Innenseite des Hüllrohrs befindet sich ein winziger Spalt (ca. 0,08 bis 0,09 mm radial), der mit Helium gefüllt ist, um die Wärmeübertragung zu verbessern. Am oberen Ende jedes Stabes sitzt eine Feder in einem Hohlraum (Gasplenum), die die Pellets fixiert und Spaltgase während des Betriebs auffängt.
-
- **Teillängen-Brennstäbe (Part-Length Rods) beim BWR.** In modernen US-BWR-10×10-Bündeln (wie *GNF2* oder *GNF3*) sind bis zu 14 der Stäbe kürzer ausgeführt (oft nur rund 1,8 bis 2,4 Meter lang), um im oberen Bereich des Bündels mehr Platz für den aufsteigenden Wasserdampf zu schaffen und den Druckverlust zu senken.
-
- **Ältere US-Baureihen.** In einigen älteren US-PWR-Anlagen sind noch **15×15-Bündel** (dickerer Stabdurchmesser von ca. **10,7 mm**) oder **14×14-Bündel** im Einsatz; bei älteren BWR-Anlagen gab es früher 8×8- oder 9×9-Designs (Stabdurchmesser ca. 11,2 bis 12,3 mm), die heute aber fast vollständig durch 10×10-Designs ersetzt wurden.
  Möchten Sie auch die Abmessungen der **Steuerstäbe (Control Rods)** und deren Positionierung in den Bündeln vergleichen oder interessiert Sie, wie viele dieser Brennelemente in einen **typischen US-Reaktorkern** passen?

Ing. Goebel – 21.11.2026

Als Didaktiker kann man die Präszision der Ingenieure im Deutschen Sprachraum als reich und präzise empfinden – und die Antwort der Google Ki ist für Menschen excellent lesbar und weitgehend verständlich.

Abmessungen der US NPP Brennstäbe :

PWR – Pressure WR – XL – Brennstäbe 540 kg – Länge 4,1 m – B + H = 214 mm

BWR – Boiling WR – XS – Brennstäbe 200 kg – Länge 4.47 m – B + H = 139 mm

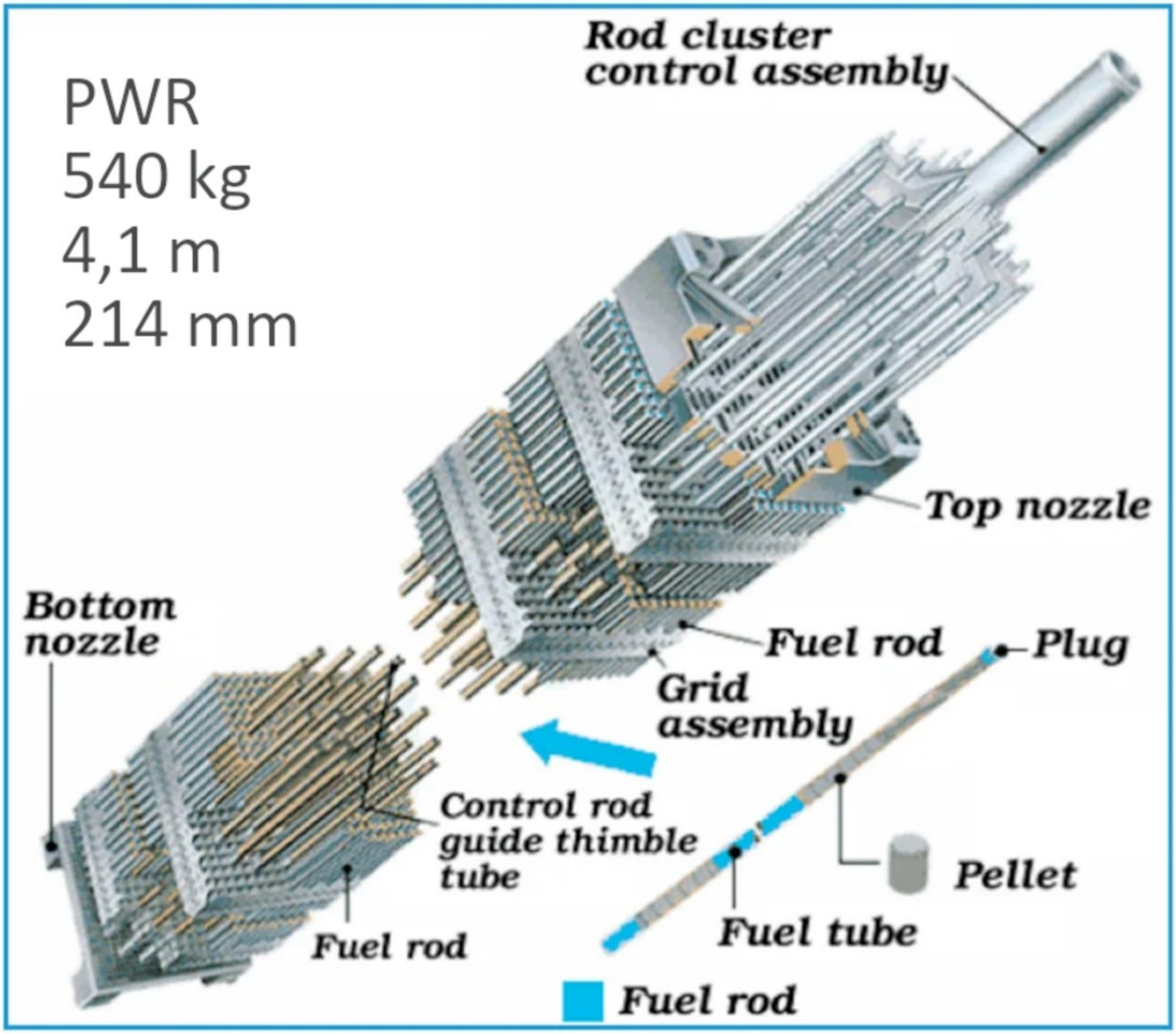
So, jetzt haben wir die Abmessungen – und ab in den Argon-Vacuum Ofen damit.

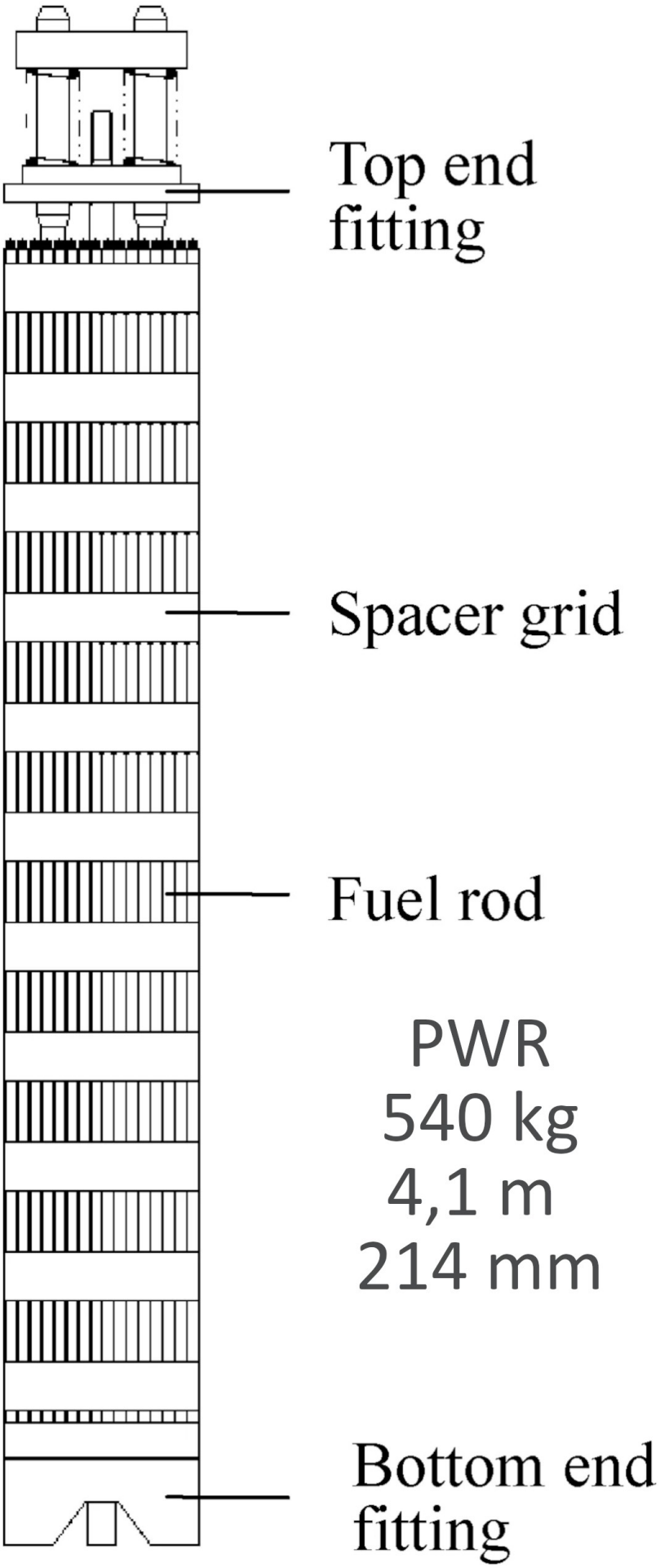
Ganze Brennstäbe zu schmelzen hat den Vorteil das alle Gase im Ofen sind und nicht in der Werkhalle – Es besteht die berechtigte Hoffnung, das eine Teil-Frei-setzung bekannter Mengen an IOD 129 aus der Schmelze heraus im Vacuum-Ofen mit separatem Ausgangs-Rohr D 30 mm für IOD 129 beherrschbar wird.

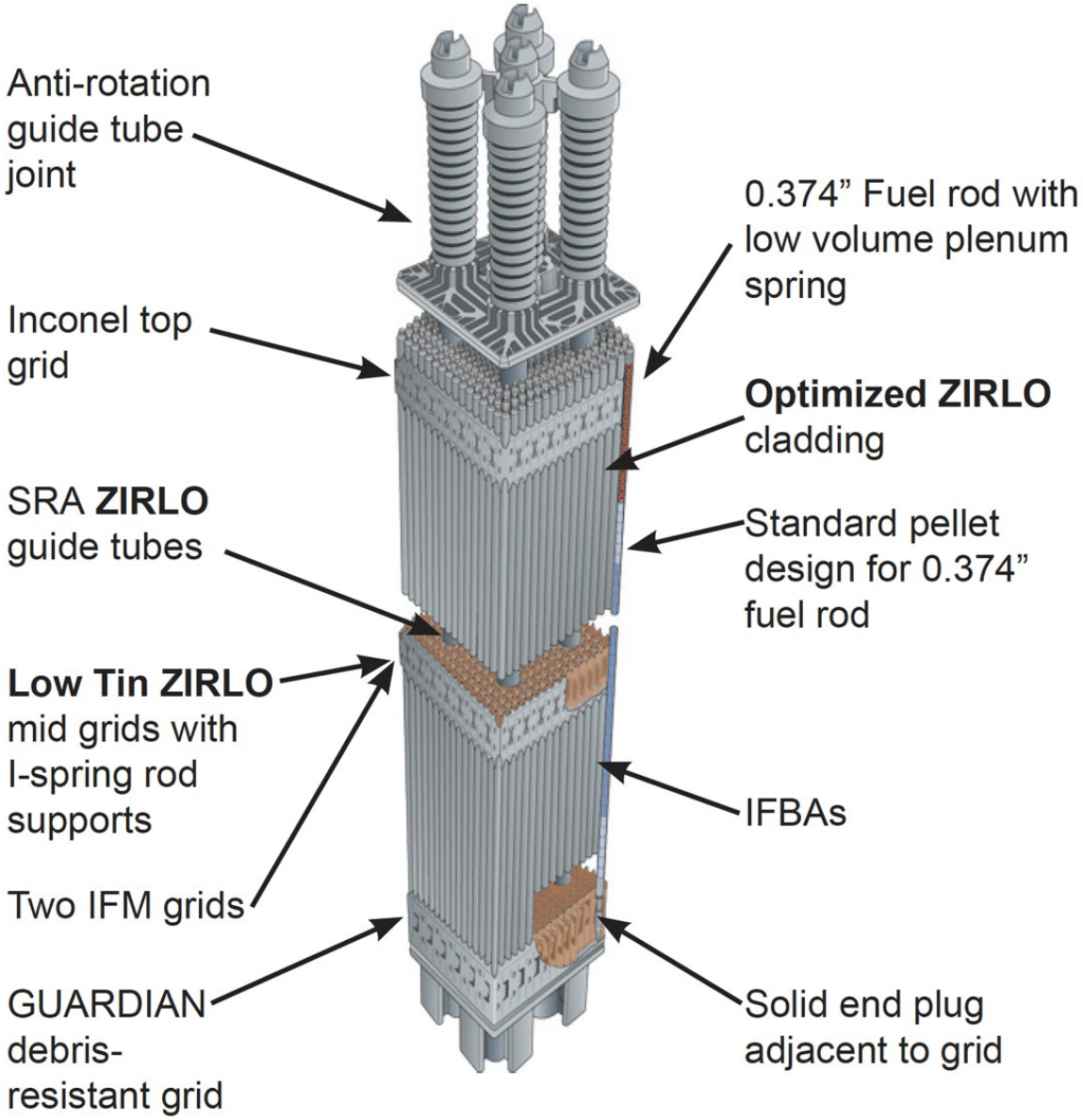
Den notwendigen Langen Ofen muss man aber erst konstruieren – Ing. Goebel

This is how PWR fuel assemblys for Nuclear Pressure WR looks like

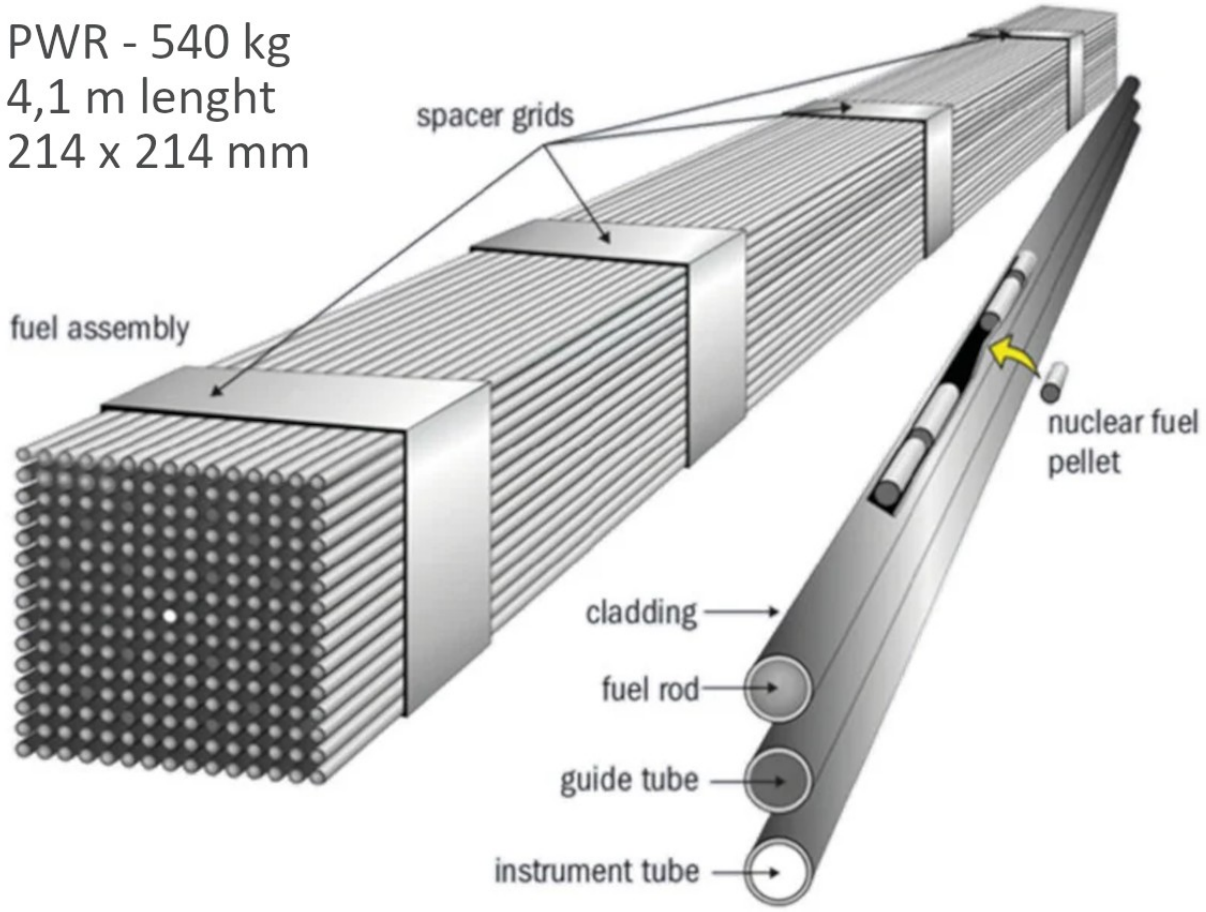
PWR – Pressure WR – XL – Brennstäbe 540 kg – Länge 4,1 m – B + H = 214 mm




Top end fitting
Spacer grid
Fuel rod
PWR
540 kg
4,1 m
214 mm
Bottom end fitting



PWR - 540 kg - 4,1 m - 214 mm



And this is how BWR – Boiling WR fuel assembly looks like

BWR – Boiling WR – XS – Brennstäbe 200 kg – Länge 4.47 m – B + H = 139 mm

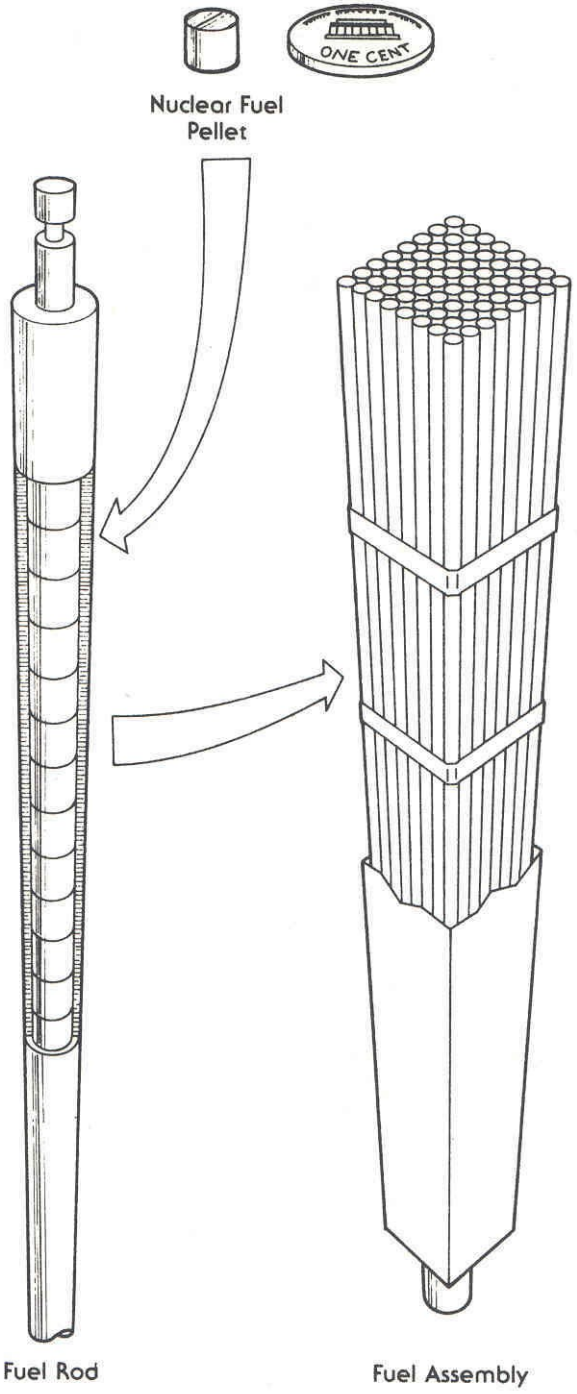


BWR

200 kg
UO2

4,47 m

139 x
139 mm



BWR

fuel assembly LEU

200 kg UO2

4,47 m

139 x 139 mm

The HLW Re-Fuel or Disposal Team got to identify old fuel assemblies.

These spent fuel types have different weight and different size

Choose PWR – OR – BWR program on Argon-Vacuum Oven right.