

# Gefährdungssituation beim Rückbau durch offene radioaktive Stoffe

PreussenElektra  
Kernkraftwerk Isar GmbH

**Thomas van Appeldorn**  
**Leiter Strahlenschutz**



# Gliederung

- 1 **Einleitung**

---
- 2 **Systemradiologie in Leichtwasserreaktoren**

---
- 3 **Schutz und Überwachung des Rückbaupersonals**

---
- 4 **Beispiele**

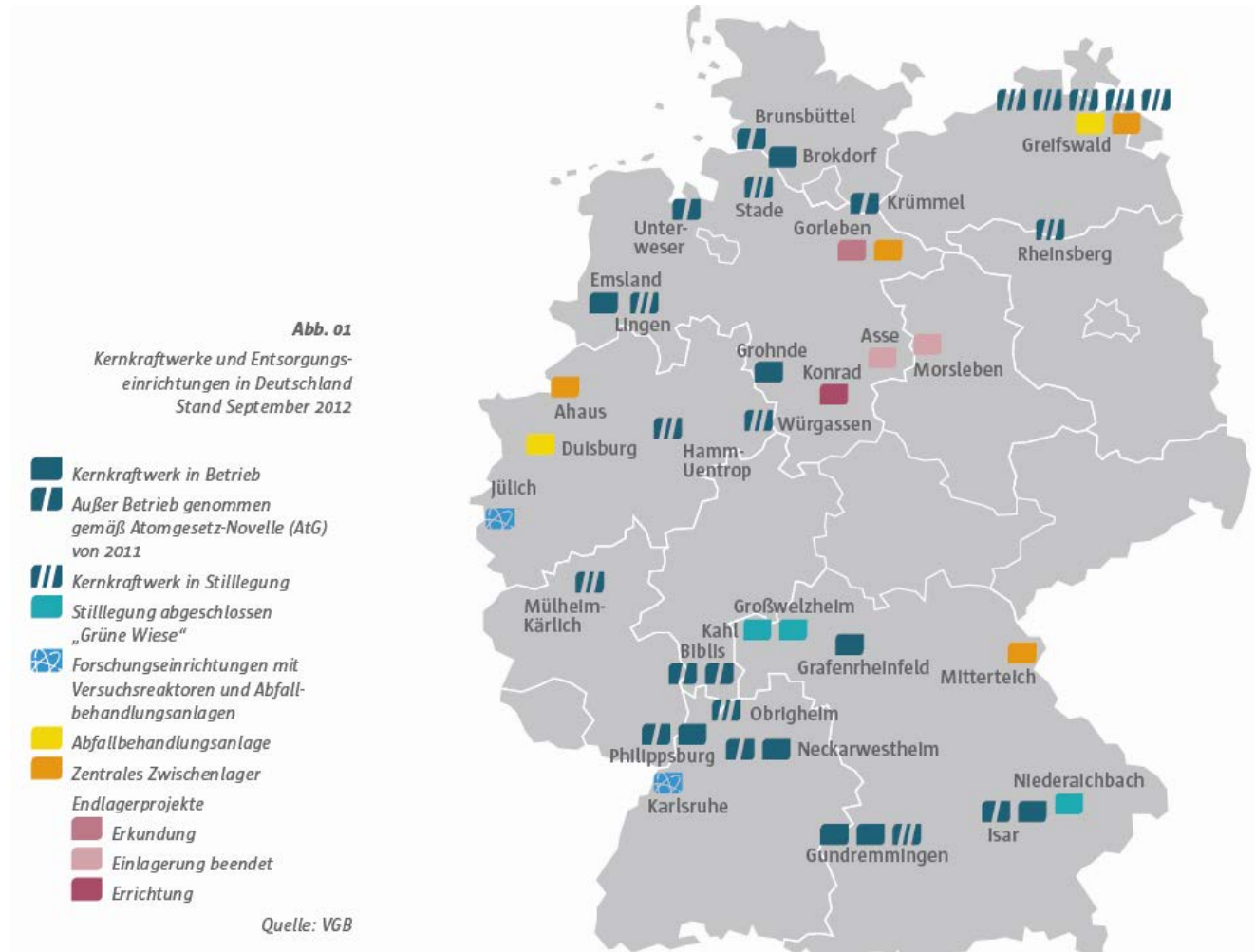
---
- 5 **Fazit**

---

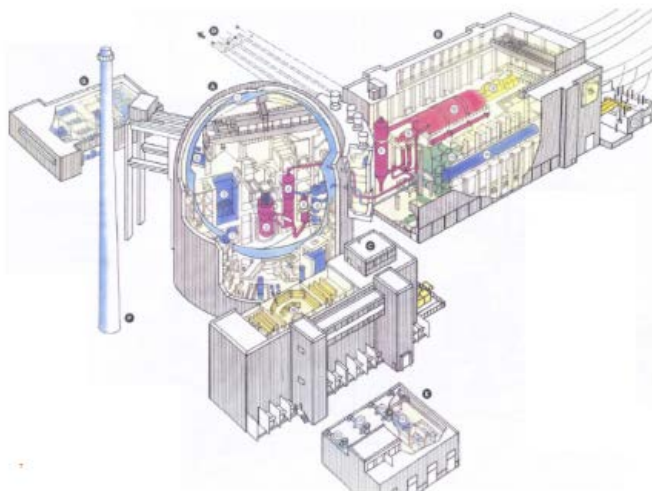
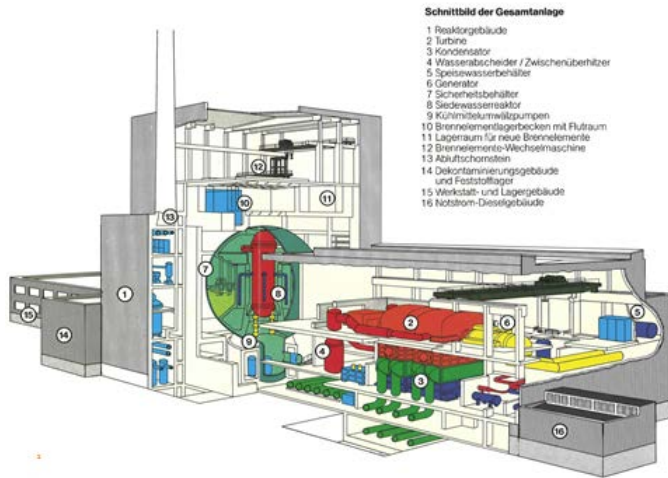
# 1. Einleitung

Bis Ende 2022 gehen alle deutschen Kernkraftwerke außer Betrieb und danach in den Rückbau.

Der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen ist seit der Inbetriebsetzung betriebliche Routine, wird sich aber im Rückbau erfahrungsgemäß intensivieren.



# 2. Systemradiologie in Leichtwasserreaktoren

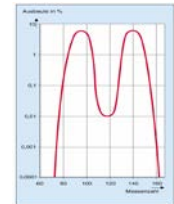


- Aktivierung von Korrosionsprodukten, Luft und Neutronenabsorber

- Co-60, Fe-55, Ni-63, Sb-125
- C-14
- H-3

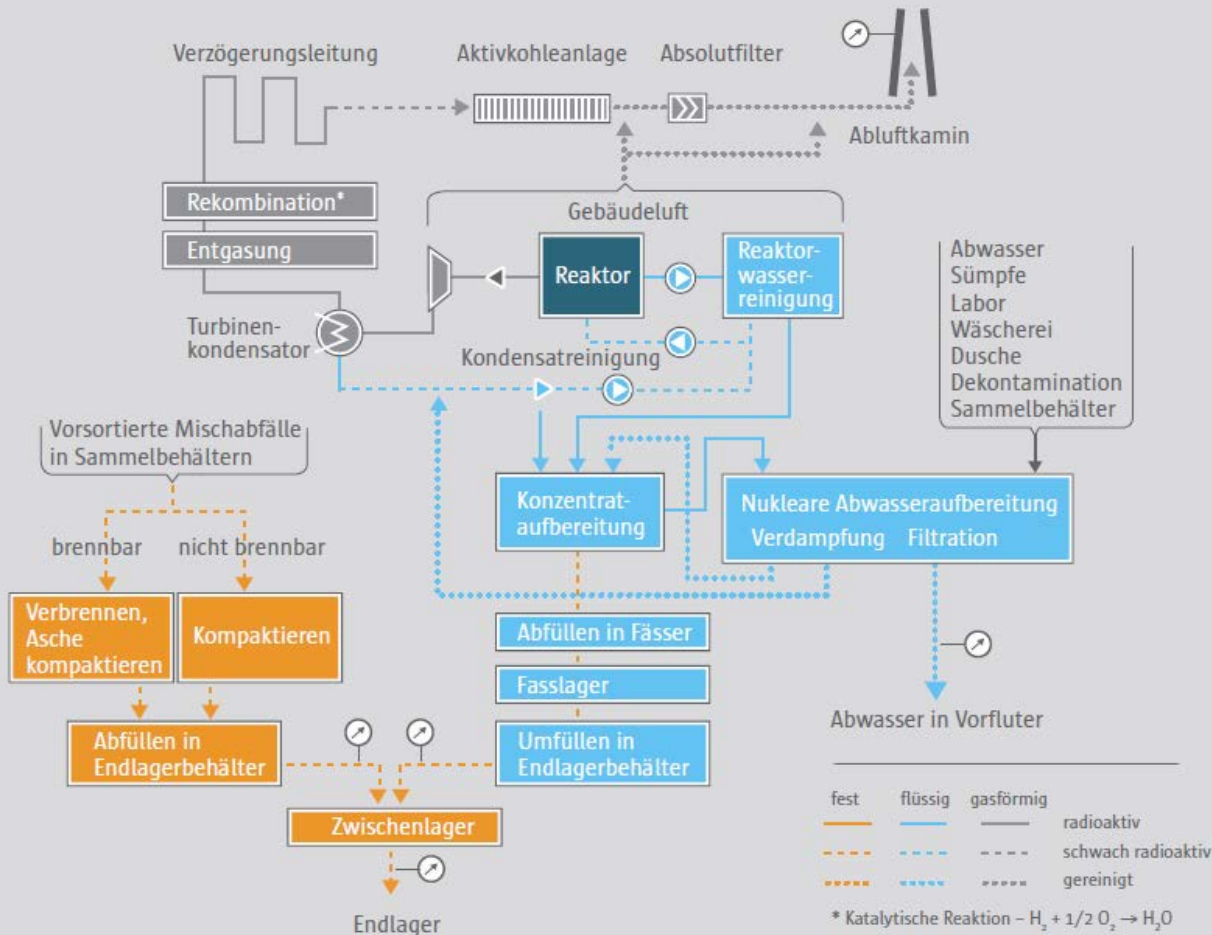
- Spaltprodukte des nukl. Brennstoffes
  - Freisetzung nur bei BE Defekten

- Sr-90/ Y-90, Cs-137



- Transurane
  - Freisetzung nur bei BE Defekten
  - Pu-241/Am-241, Np-239, Cm-243/Cm-244, Pu-240

# Aktivitätsflusschema (SWR)



- Spalt- und Aktivierungsprodukte bleiben meist in der Wasserphase
- Flüchtige rad. Stoffe gelangen in die Gasphase :
  - Kr-90 = Sr-90
  - Xe-137 = Cs-137

# Nuklidvektoren in verschiedenen Systemen am Beispiel des Rückbauprojekts KWW

System	Bezugsdatum	Nuklidanteile [%]												
		Co 60	Nb 94	Sb 125	Cs 134	Cs 137	Eu 154	Eu 155	C 14	Fe 55	Ni 63	Sr 90	Alpha	Pu 241
Nachkühlung mit Deko	12/01	46,2	0,1	1,7	0,1	5,2	1,0	0,4	0,1	0,3	1,8	0,3	5,5	43,0
Nachkühlung ohne Deko		68,0		2,0	0,7	13,9	0,5		0,2	0,5	2,6	0,4	2,0	15,3
Gasverzögerung ohne Systemdeko	12/96					93,5						6,5		
Verweilbehälter (Gasphase)	07/97	29,2				48,9			0,1	0,2	1,1	1,4	< 2,2	< 16,9
Verweilbehälter (Wasserphase)		50,6				27,7			0,1	0,4	2,0	0,8	< 2,1	< 16,3
Reaktorwasserreinigung	04/03	56,9	0,1	1,7		4,9	1,2	0,4	0,3	0,2	3,9	0,2	3,6	26,6

# 3. Schutz und Überwachung des Rückbaupersonals

## Inkorporationsschutzkonzept im KWW

- Grundgedanke:
- 
- Inkorporationen werden durch die Summe der Strahlenschutzmaßnahmen so gering wie möglich gehalten.
- Keine regelmäßige Überwachung gemäß Riphyko erforderlich (Dosis durch Inkorporation  $< 1\text{mSv/a}$ )
- Überwachungskriterium: Aerosolaktivitäten
- Alpha-Aerosolaktivität  $< 5\text{ mBq/m}^3$
- VGB-Konzept gilt weiter für Co-60/Cs-137:  $100\text{ Bq/m}^3$  (ohne Alpha!)

# Prüfung des Erfordernisses der regelmäßigen Überwachung gemäß Riphyko

Raumluft und Zeltluft werden mittels Langzeitsammlern auf die mittleren Aerosolkonzentrationen während der durchgeführten Tätigkeiten überwacht.

Ergebnisse dieser Messungen werden mit den entsprechend festgelegten Kriterien verglichen.



# Schutzmaßnahmen an Alpha-Arbeitsplätzen (>0,5 Bq/cm<sup>2</sup> Alpha)

- Arbeitsplatzeinhausung und -absaugungen
- Möglichst "kalte" mechanische Trennverfahren
- ständige Strahlenschutzaufsicht
- Umkleiden mit Strahlenschutz-Unterstützung
- Persönliche Schutzausrüstung
- Regelmäßige Schulung



# Einrichten von Alpha-Arbeitsplätzen

- Einhausungen mit Unterdruckhaltung und Doppelschleuse
- Standardisierung
- Alpha-Wäschekreislauf
- geschlossene Transportboxen



# Messungen mittels Inkorporationsmessplatz (Gesamt-Gamma-Messung)

## Routinemessungen

- Monatliche Messung aller im Kontrollbereich eingesetzten Personen

## Zusätzliche Messungen

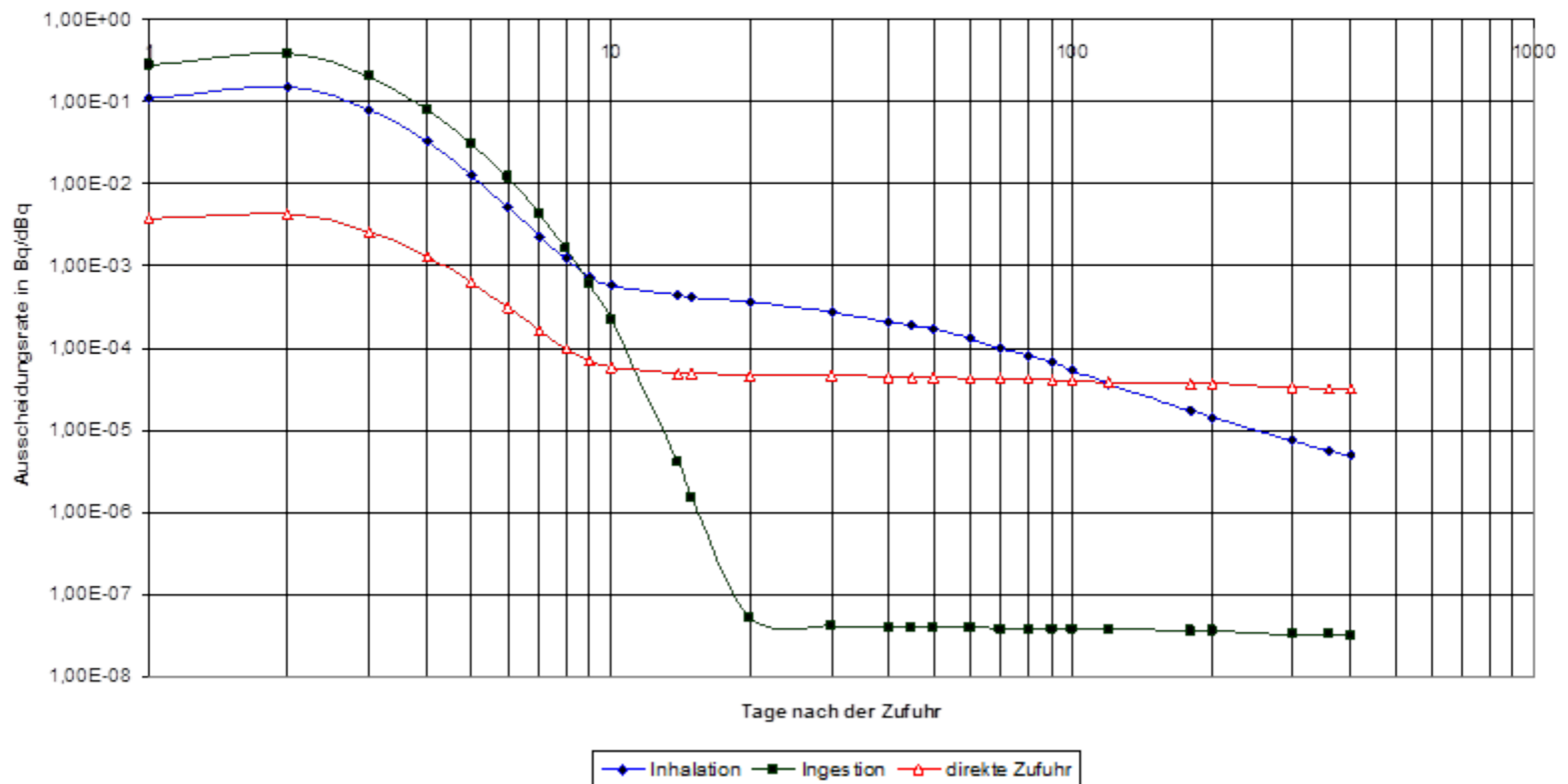
- Eigenpersonal
  - Erstuntersuchung
- Fremdpersonal
  - Eingangskontrolle (Einchecken)
  - Ausgangskontrolle (Auschecken)
- Messung bei Zeltluft  $>50 \text{ mBq/m}^3$  Am-241
- Messung aus besonderem Anlass

# Stichproben: Ausscheidungsanalysen

- Dienen der Überprüfung der Wirksamkeit der getroffenen Strahlenschutzmaßnahmen
- Monatliche Auswahl je Alpha-Gewerk 1 Mitarbeiter (gruppenspez.)
- 3er-Serie:
  - Im Abstand von je 2 Tagen
  - Je 24h Stuhl sammeln
  - 1.Probe wird zur Analyse verschickt
  - 2. und 3. Probe nur bei Befund in der 1. Probe auswerten

# Warum 3 Stuhl-Proben ?

Ausscheidungsrate über den Stuhl  $E_s(t)$  bei einmaliger Zufuhr von  $^{241}\text{Am}$



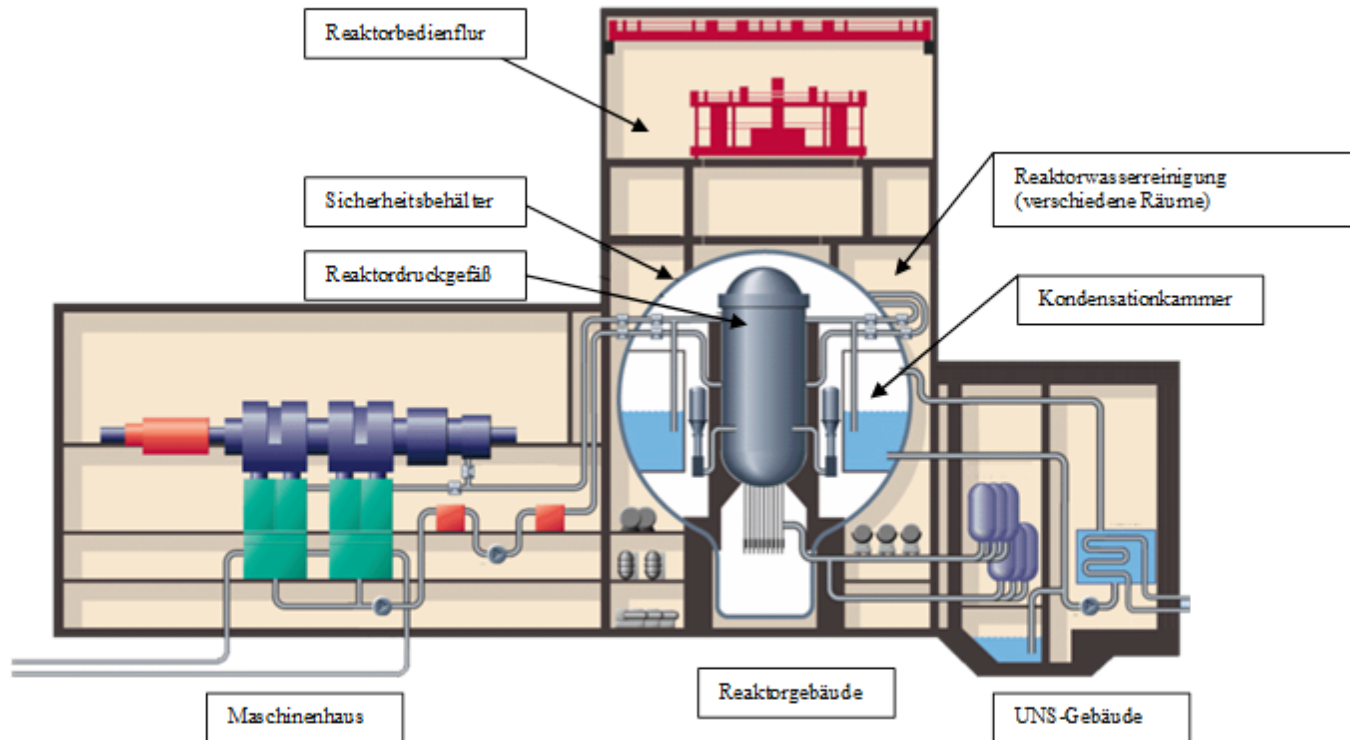
# Überwachung aus besonderem Anlass

Wird immer durchgeführt bei akutem Inkorporationsverdacht, insbesondere bei

- beschädigter persönlicher Schutzausrüstung,
- Kontamination im Kopfbereich,
- nicht zu beseitigenden Kontaminationen im Hals- und Brustbereich,
- größeren Aerosolfreisetzung im Arbeitsbereich,
- Aufenthalt in Alpha-Bereichen ohne Atemschutz,
- Verletzungen mit offenen Wunden.

# 4. Beispiele

## Steckbriefe einzelner Rückbaugewerke im KWW



# Rückbau im Sicherheitsbehälter





# Rückbau im Sicherheitsbehälter

- Steckbrief 1.Teil
- Dauer der Arbeiten: ca. 36 Monate
- Kollektivdosis (externe Dosis): ca. 991 mSv
- Zerlegeverfahren: grundsätzlich „kalte“ Verfahren: Abkreisen und Sägen, Heiarbeiten nur in wenigen Ausnahmen
- Mittlere Personenanzahl: ca. 14 Mann (insgesamt 387)
  - 7 Monteure
  - 3 Gertbauer
  - 2 Reiniger
  - 2 Strahlenschtzer

# Rückbau im Sicherheitsbehälter

- Steckbrief 2.Teil
- Aerosole
  - Raumluft ( $>5,1\text{mBq/m}^3$  Am-241): keine
  - Zeltluft ( $>50\text{mBq/m}^3$  Am-241): keine !
- Kontamination
  - Wischtest im Arbeitsbereich:
    - Alpha max.  $1,5\text{ Bq/cm}^2$     Beta max.  $3521\text{ Bq/cm}^2$
  - Wischtest Komponente
    - (max.  $20\text{ mSv/h}$ )
    - Alpha max.  $10\text{ Bq/cm}^2$     Beta max.  $3264\text{ Bq/cm}^2$
- Ausscheidungsanalysen
  - Durchgeführte Analysen: 73
  - Davon mit Befund: keine !

# Rückbau der Reaktorwasserreinigung



Sägen des Regnerativ-Wärmetauschers mit Seilsägen

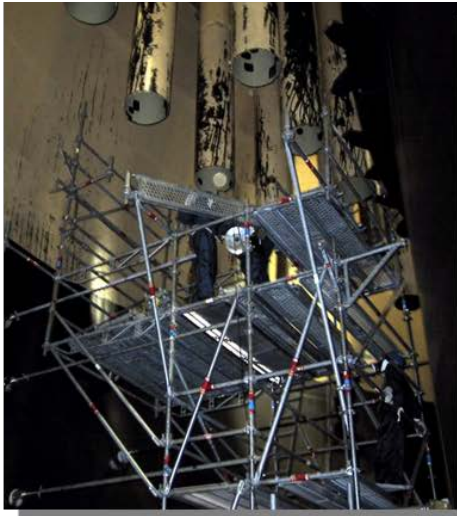
# Rückbau Reaktorwasserreinigung

- Steckbrief 1.Teil
- Dauer der Arbeiten: ca. 6 Monate
- Kollektivdosis (externe Dosis): ca. 12 mSv
- Zerlegeverfahren: Nur „kalte“ Verfahren: Schrauben und Sägen, sowie Seilsägen
- Mittlere Personenanzahl: ca. 6 Mann
  - 4 Monteure
  - 1 Reiniger
  - 1 Strahlenschützer

# Rückbau Reaktorwasserreinigung

- Steckbrief 2.Teil
- Aerosole (Langzeitprobe über eine Schicht)
  - Zeltluft ( $>50\text{mBq/m}^3$  Am-241): 4 Mal, max.  $328,5\text{ mBq/m}^3$  Am-241
  - Raumluft ( $>5,1\text{mBq/m}^3$  Am-241): keine Kontamination
- Wischtest im Arbeitsbereich:
  - Alpha max.  $0,2\text{ Bq/cm}^2$     Beta max.  $120\text{ Bq/cm}^2$
- Wischtest Komponente
  - (max.  $300\text{ }\mu\text{Sv/h}$ )
  - Alpha max.  $1,5\text{Bq/cm}^2$     Beta max.  $600\text{Bq/cm}^2$
- Ausscheidungsanalysen
  - Durchgeführte Analysen: 9
  - Davon mit Befund: 1 Analyse: Max.  $30\mu\text{Sv}$  als 50-Jahre-Folgedosis

# Rückbau der Kondensationskammer-Einbauten



# Rückbau der Kondensationskammer-Einbauten

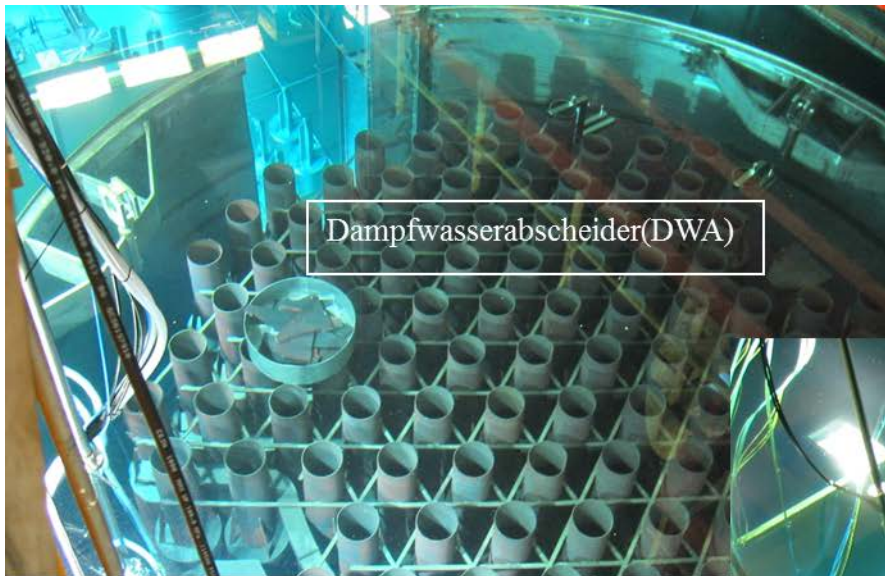
- Steckbrief 1.Teil
- Dauer der Arbeiten: ca. 9 Monate
- Kollektivdosis (externe Dosis): ca. 100 mSv
- Zerlegeverfahren: Nur „kalte“ Verfahren“ Nibbeln, Sägen, Schrauben
- Mittlere Personenanzahl: ca. 12 Mann
  - 7 Monteure
  - 2 Gerüstbauer
  - 1 Reiniger
  - 2 Strahlenschützer

# Rückbau der Kondensationskammer-Einbauten

- Steckbrief 2.Teil
- Aerosole (Langzeitprobe über eine Schicht)
  - Zeltluft ( $>50\text{mBq/m}^3$  Am-241): 3 Mal, max.  $107\text{ mBq/m}^3$  Am-241
  - Raumlufte ( $>5,1\text{mBq/m}^3$  Am-241): keine
- Kontamination
  - Wischtest im Arbeitsbereich:
    - Alpha max.  $70\text{ Bq/cm}^2$  Beta max.  $120\text{ Bq/cm}^2$
  - Wischtest Komponente
    - (max.  $70\text{ }\mu\text{Sv/h}$ )
    - Alpha max.  $15\text{ Bq/cm}^2$  Beta max.  $200\text{ Bq/cm}^2$
- Ausscheidungsanalysen
  - Durchgeführte Analysen: 23
  - Davon mit Befund: 4 Analysen (2 Gerüstb., 1 Strahlenschützer, 1 Reiniger)
    - Max.  $7\text{ }\mu\text{Sv}$  50-Jahre-Folge-Dosis



# Zerlegung Dampfwasserabscheider



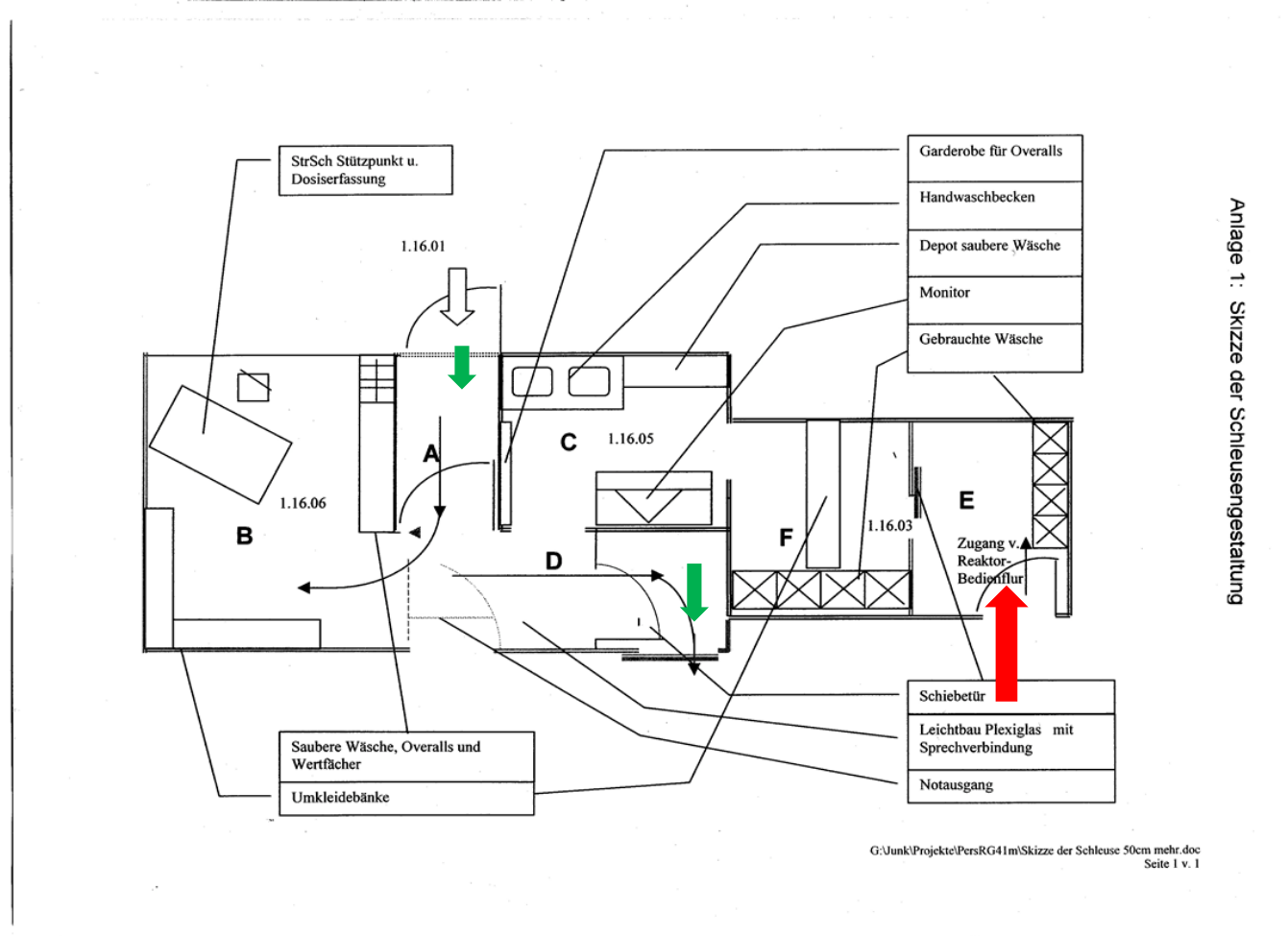
# Steckbrief Zerlegung Dampfwasser-Abscheider

- Dauer der Arbeiten: ca. 7 Monate
- Kollektivdosis: (extern) ca. 46 mSv
- Zerlegeverfahren: fernbedientes Sägen unter Wasser
- Zeltluftüberschreitungen ( $> 50 \text{ mBq/m}^3$  Am-241): keine
- Raumlufüberschreitung ( $> 1,3 \text{ mBq/m}^3$  Am-241): keine
- Mittlere Personenanzahl: 10 pro Schicht (davon 2 Reiniger und 2 Strahlenschützer)
- Wischtest im Arbeitsbereich: Alpha max.  $1 \text{ Bq/cm}^2$ , Beta max  $200 \text{ Bq/cm}^2$
  
- WT Komponente: DL auf WT: ca.  $5 \mu\text{Sv/h}$  (Presse und Sägen)
  
- Ausscheidungsanalysen
- Durchgeführte Analysen: 316
- Davon mit Befund: 35 Analysen, max.  $156 \mu\text{Sv}$  50-Jahre-Folgedosis

# Arbeitsplatz Reaktorbedienbühne des KWW



# KWW-Doppelschleuse zur Reaktorbedienbühne





# Dekontaminationsarbeitsplätze

Nass-Dekont



Trocken-Dekont mit Stahlkies



# 4.Fazit

- Der Umgang mit offenen radioaktiven Stoffen intensiviert sich im Rückbau
- Durch entsprechende Vorbereitung und Planung ist jedoch auch im Rückbau eine Dosis durch Inkorporation vermeidbar
- Der Umgang mit Alpha-Kontamination im Rückbau bereitet bei entsprechend umsichtiger Vorgehensweise und Berücksichtigung der „klassischen“ Strahlenschutzgrundsätze keine großen Schwierigkeiten

Haben Sie noch Fragen?

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!



[thomas.appeldornvan@preussenelektra.de](mailto:thomas.appeldornvan@preussenelektra.de)