

Projekt MedAustron - Spezielle Anforderungen an den Strahlenschutz

DI Eduard Feldbaumer
EBG MedAustron / CERN

ÖVS Herbsttagung
11.12.2012

Überblick

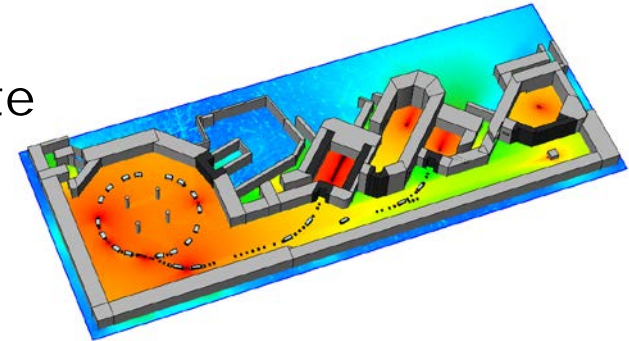
- Charakteristikum der Strahlenfelder
- Abschirmung und Sandwichbauweise
- Aktivierung Baumaterial, Luft, Wasser
- Strahlenschutzmaßnahmen
 - Abluftsystem
 - Wasserabklinganlage
 - Strahlenmesssystem
- Passive Überwachung und Personendosimetrie

Strahlenschutzorganisation

- MedAustron Strahlenschutzgruppe
 - 2 Physiker
 - 2 Techniker (1 Stelle offen)
- Weitere mit dem Strahlenschutz betraute Personen für Beschleunigerbetrieb, Medizin & Forschung
- Externe Konsulenten: Seibersdorf Labor GmbH, CERN, PSI (Schweiz)

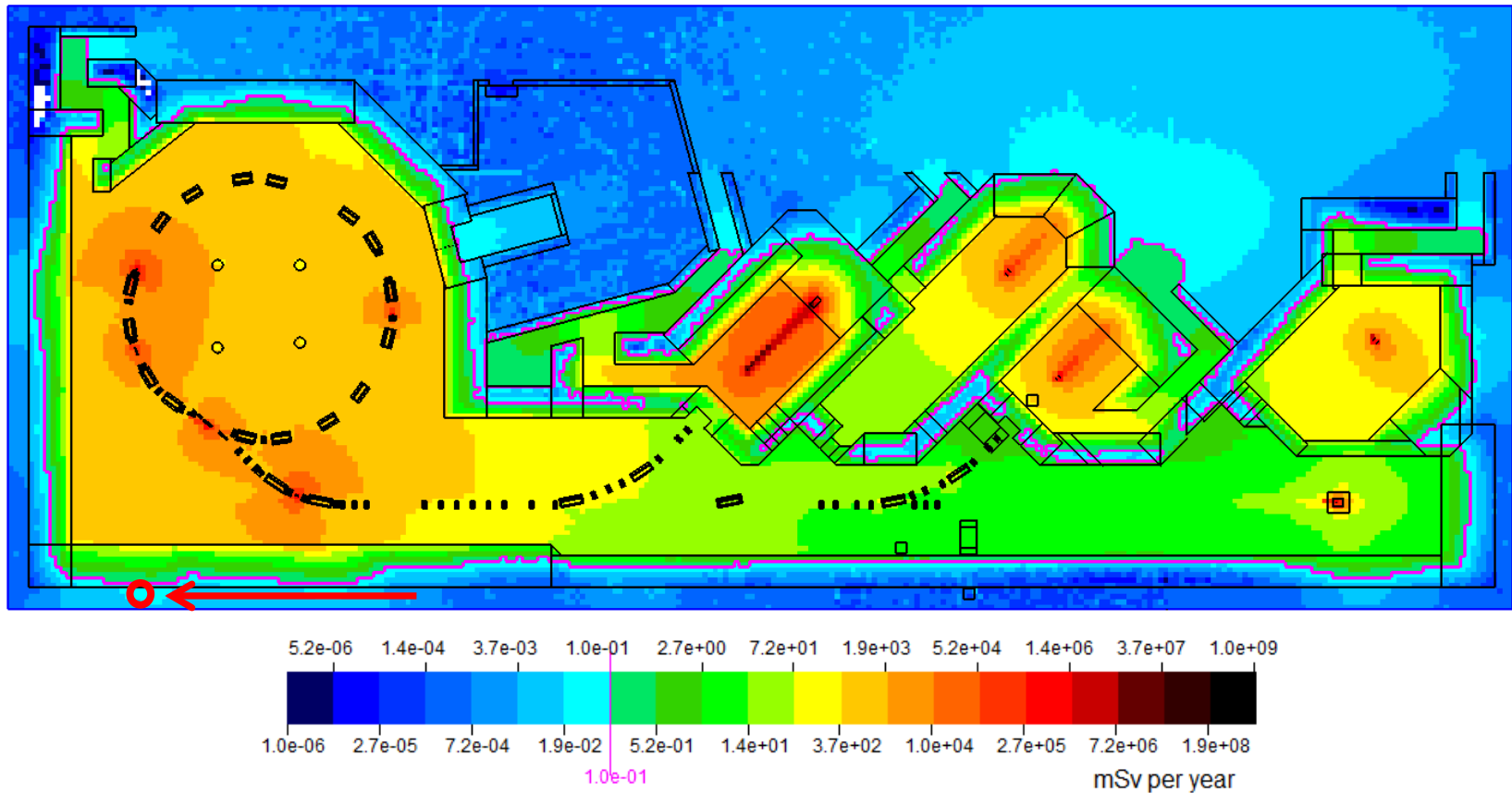
Strahlenquellen bei MedAustron

- Beschleuniger
 - Sekundärstrahlung durch Strahlverluste
 - Parasitäre Röntgenstrahlung
- Aktivierung und Kontamination
 - Bestrahlungsobjekte, Beschleunigerkomponenten,
 - Abschirmungen
 - Luft, Kühlwasser
- Kalibrierquellen (Co-60, AmBe ...)
- Medizinische Strahleneinrichtungen
 - Röntgenapparate, CT



Besondere Strahlenumgebung

- Prompte Dosis



Besondere Strahlenumgebung

- Prompte Dosis

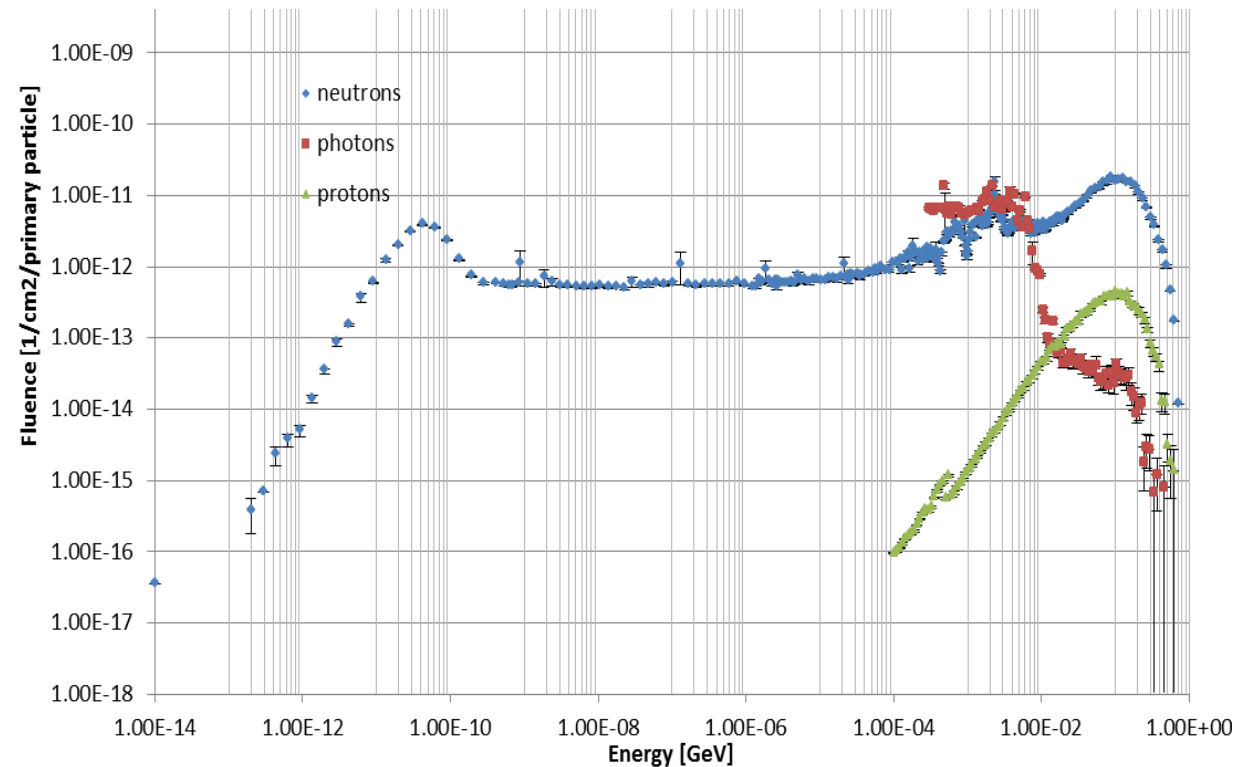
Dosisbeitrag

Neutronen 91 %

Protonen 8 %

Photonen 1 %

Rest <1 %

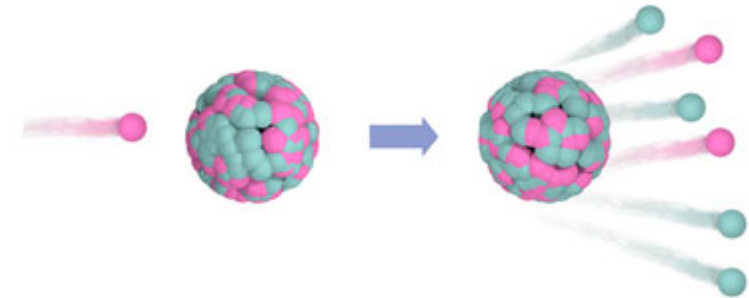


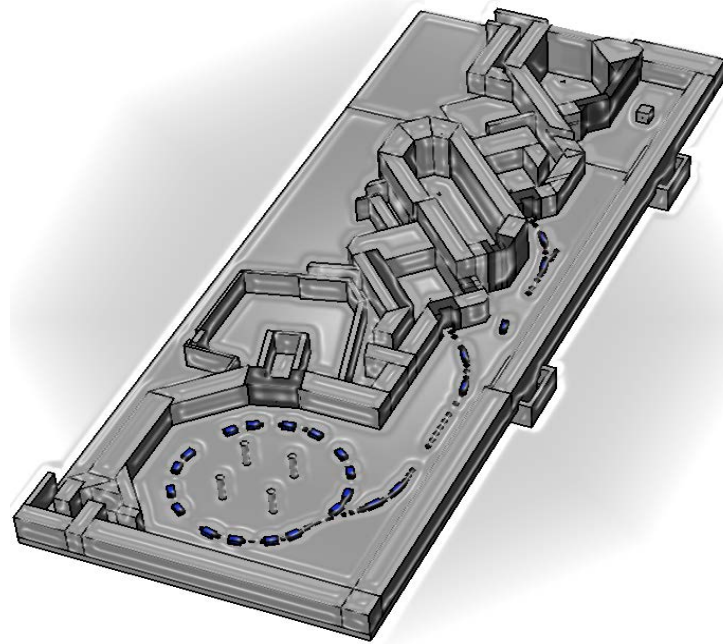
Besondere Strahlenumgebung

- Aktivierung
- Neutronen ab ~ 10 MeV
Kernreaktionen
- Vielzahl an unterschiedlichen radioaktiven Isotopen
- **Nuklidvektor**
- → Kontamination

Cooling time: 1 Year

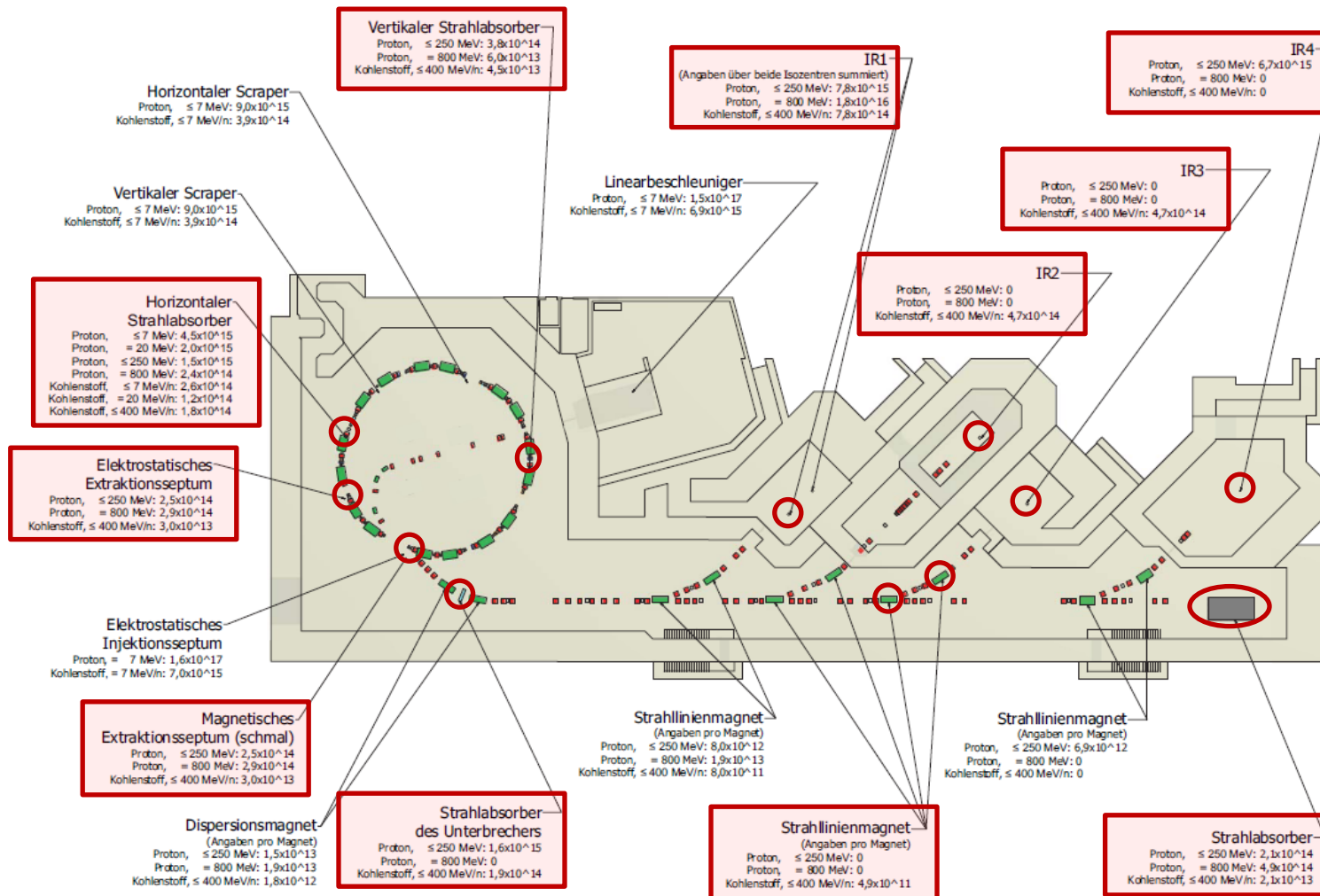
Isotope	A	ΔA	RL	A / RL
Ca-47	8.73E-27	1.13E-28	0.2	4.36E-26
Sc-46	2.40E-04	3.36E-06	0.1	2.40E-03
Sc-47	5.75E-27	6.91E-29	3	1.92E-27
V-48	4.44E-10	9.33E-12	0.08	5.55E-09
Cr-51	1.18E-06	1.65E-08	8	1.47E-07
Mn-52	8.30E-23	1.74E-24	0.06	1.38E-21
Mn-53	4.04E-07	4.44E-09	1000	4.04E-10
Mn-54	9.54E-03	8.58E-05	0.3	3.18E-02
Fe-55	2.06E-01	6.18E-04	200	1.03E-03
Fe-59	2.28E-05	5.71E-07	0.2	1.14E-04
Co-56	1.42E-05	1.14E-06	0.06	2.37E-04
Co-57	7.98E-06	2.43E-06	3	2.66E-06
Co-58	1.25E-06	1.75E-07	0.2	6.26E-06
Co-60	5.71E-02	6.28E-04	0.09	6.35E-01
Te-125m	1.39E-08	1.37E-08	60	2.31E-10
I-125	3.22E-08	3.19E-08	3	1.07E-08
Cs-131	1.28E-16	4.01E-17	200	6.41E-19
Cs-132	1.12E-22	4.30E-23	0.3	3.73E-22
Cs-134	3.02E-02	2.72E-04	0.1	3.02E-01
Eu-152	8.28E-02	6.63E-04	0.2	4.14E-01
Eu-154	9.20E-03	2.39E-04	0.2	4.60E-02
Total	3.79E+00	2.78E-03	$\sum A_i / FG_i$	6.70E+00



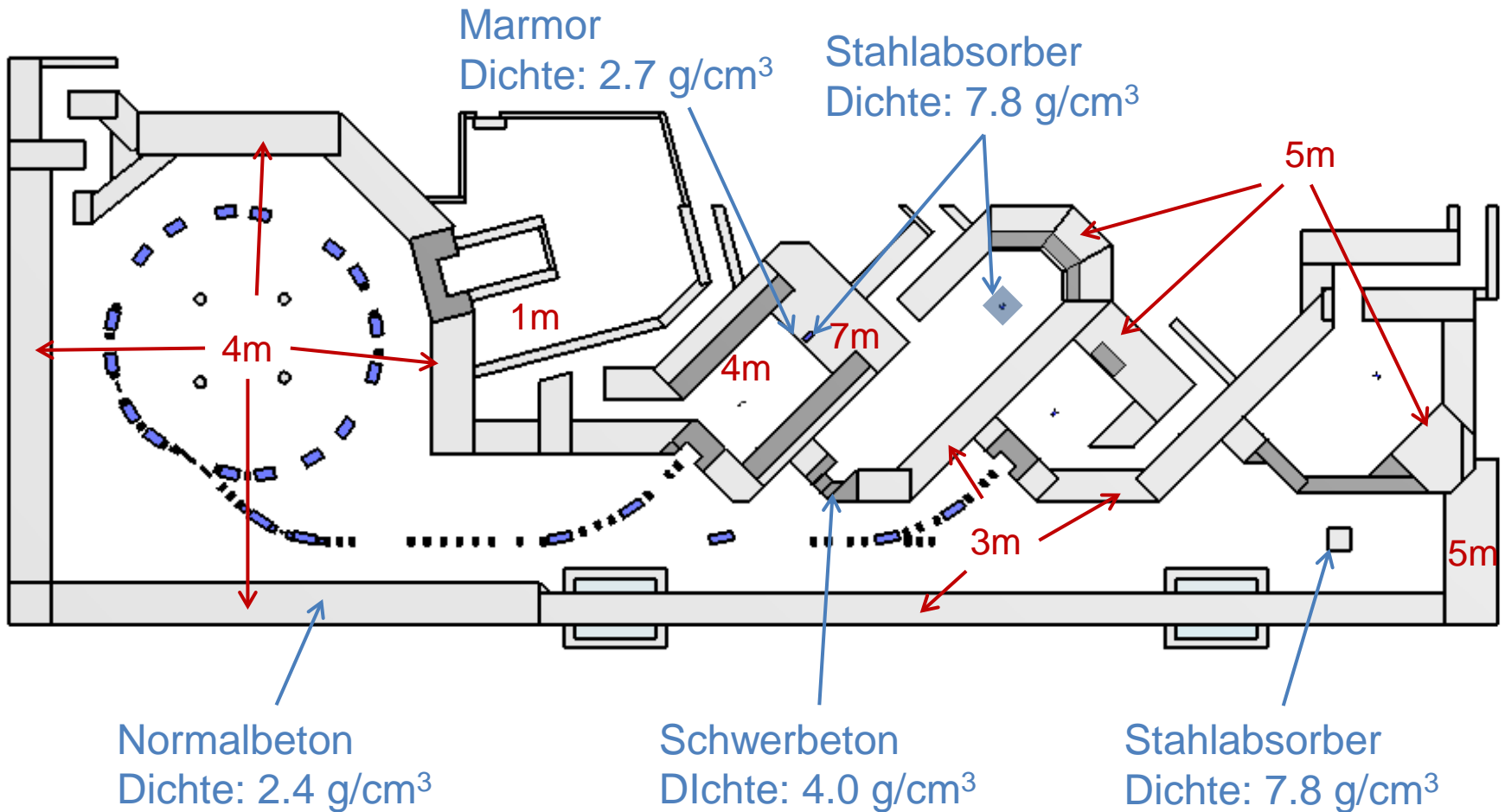


ABSCHIRMUNG

Verlustpunkte

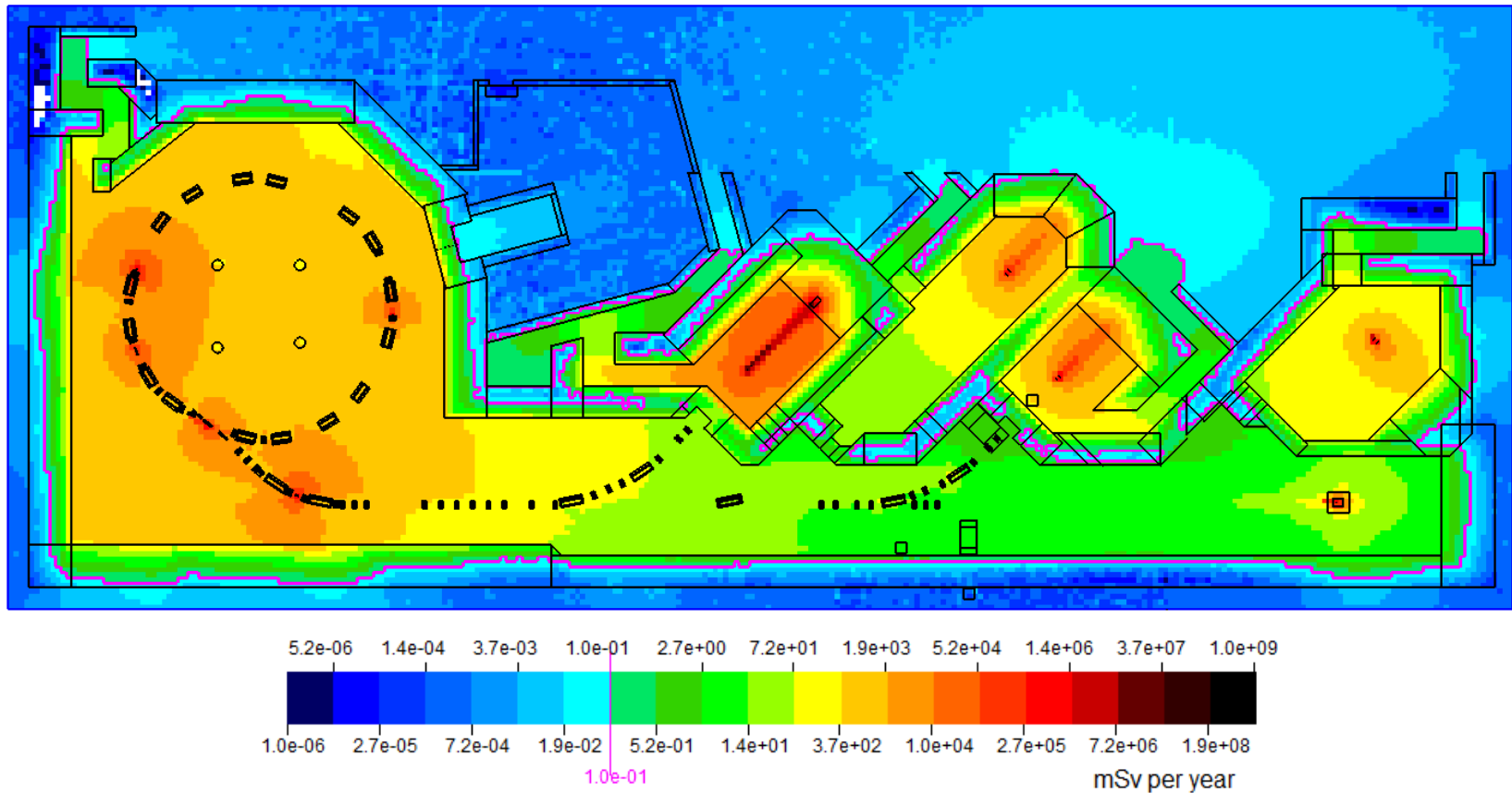


Abschirmung



Dosisverteilung

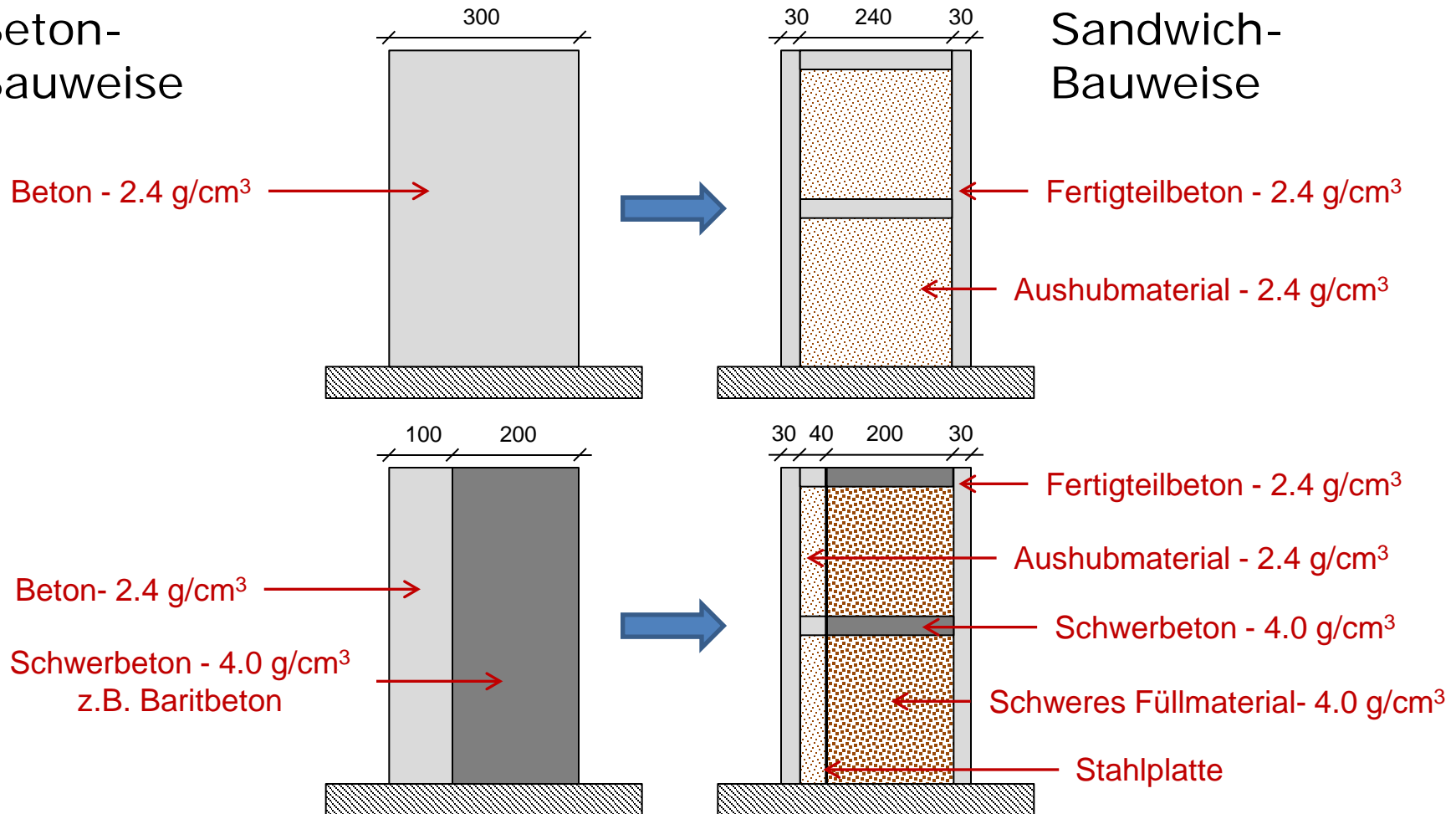
- Gesamtdosis für 1 Jahr Strahlbetrieb



Sandwich-Bauweise

Beton-
Bauweise

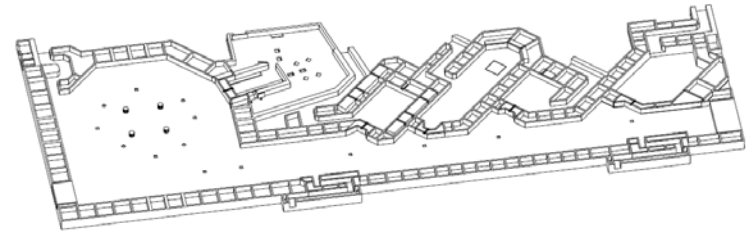
Sandwich-
Bauweise



MedAustron Sandwich-Bauweise

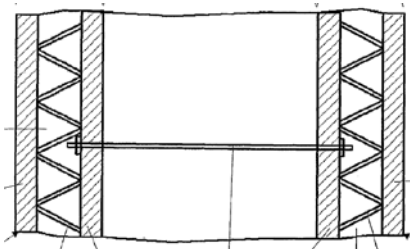


Rahmenkonstruktion



Füllung

Komprimierung:
 $1.5 \text{ g/cm}^3 \rightarrow 2.4 \text{ g/cm}^3$



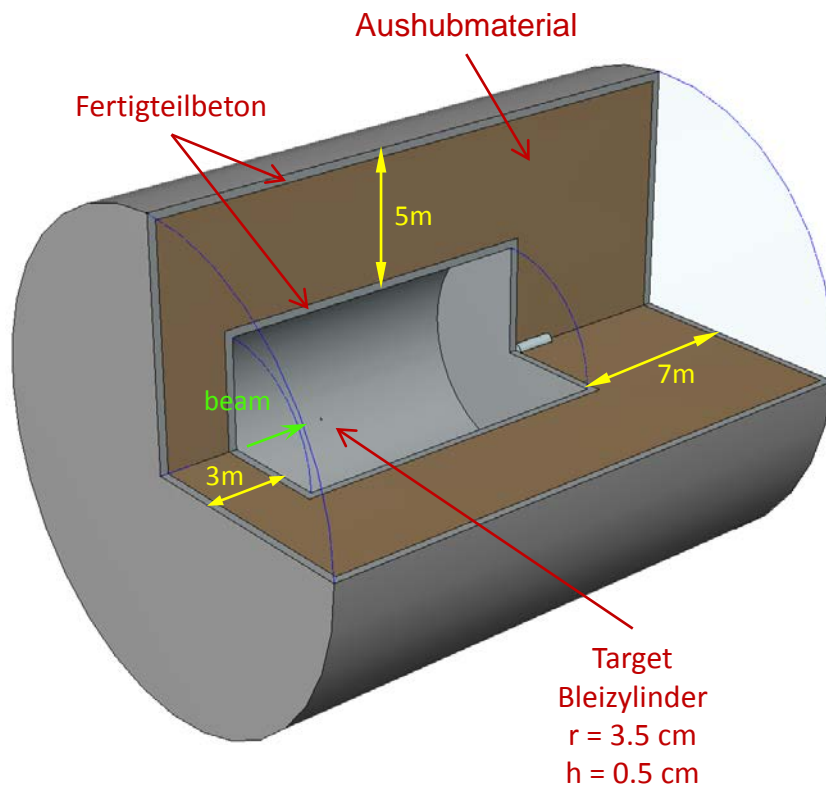
Vor- und Nachteile

- + Enorme Zeit- und Kostenersparnis
- + Kein langes Trocknen des Betons erforderlich (halbe Zeit)
- + Billige Füllmaterialien möglich
- + Abtransport des Aushubmaterials reduziert
- + Hohe Flexibilität bei Auswahl des Füllmaterials

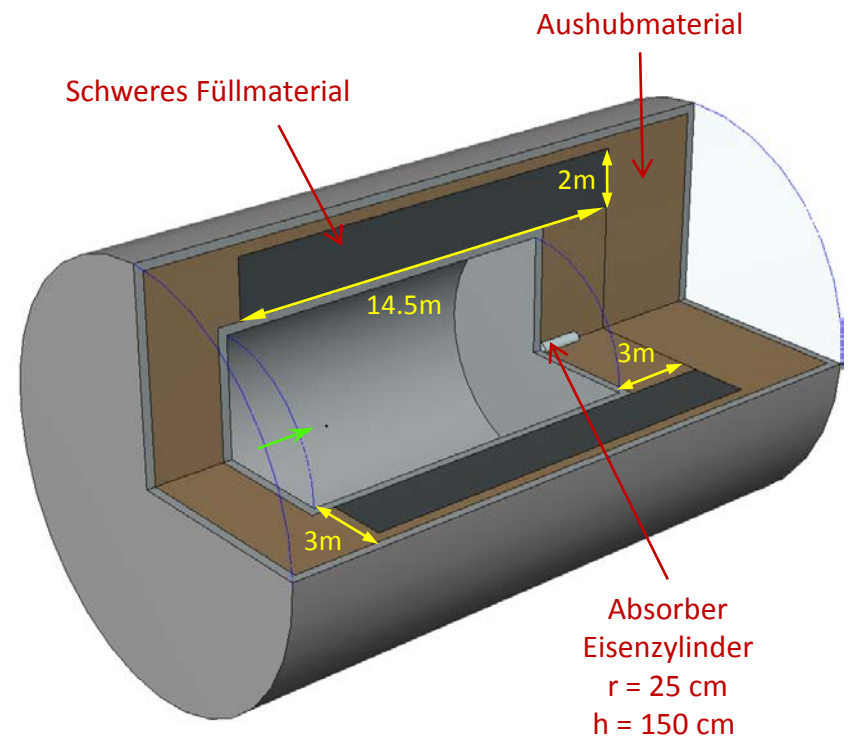
- Mangel an Langzeiterfahrung
- Keine komplexen Wandformen
- Minimale Wanddicke (1m)
- Nachbearbeitung enorm aufwändig (z.B. Bohrung)
- Rückbau: Aktiviertes, loses Füllmaterial

Vergleich Beton - Sandwich

IR1 mit Aushubmaterial

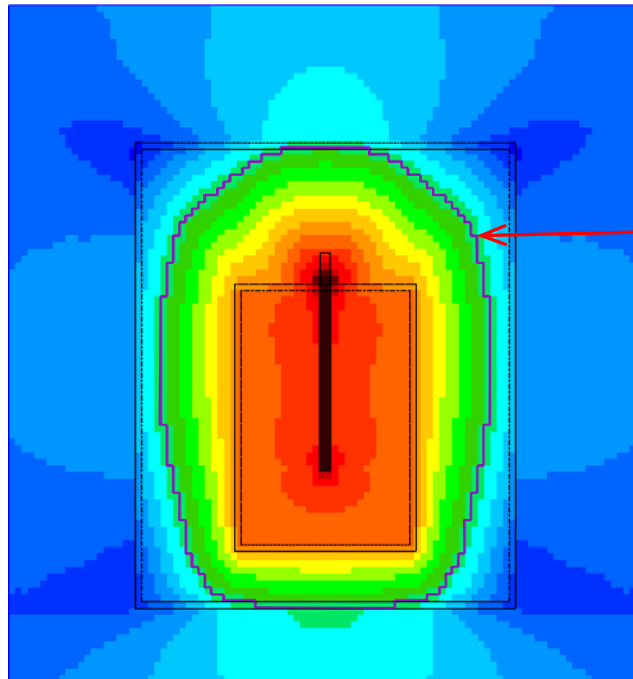


IR1 mit schwerem Füllmaterial

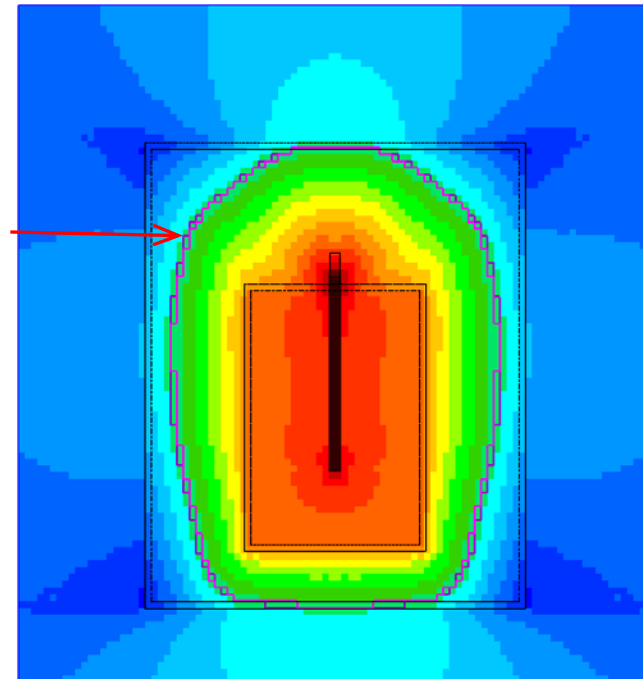


Effektive Jahresdosis – Beton

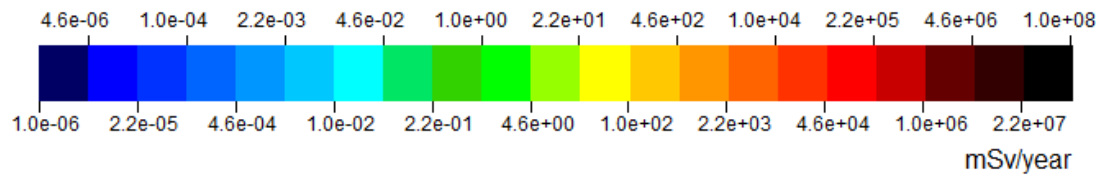
Abschirmung Sandwich



Abschirmung Beton

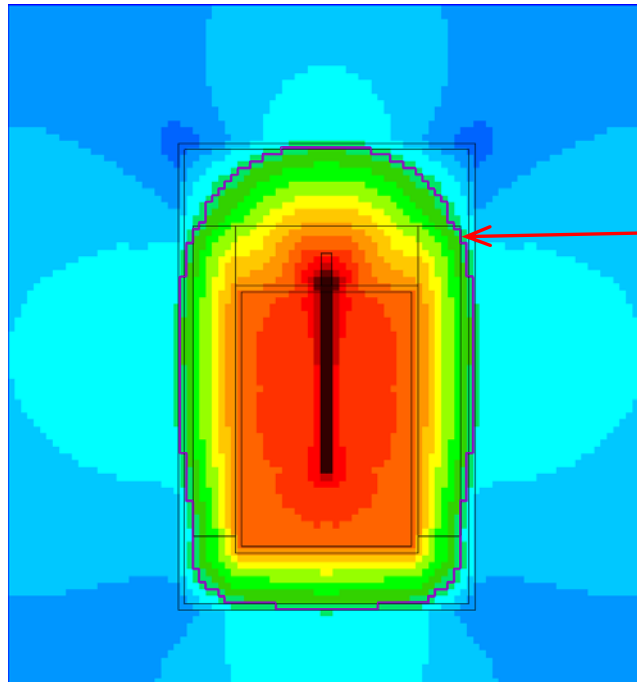


0.1 mSv/year

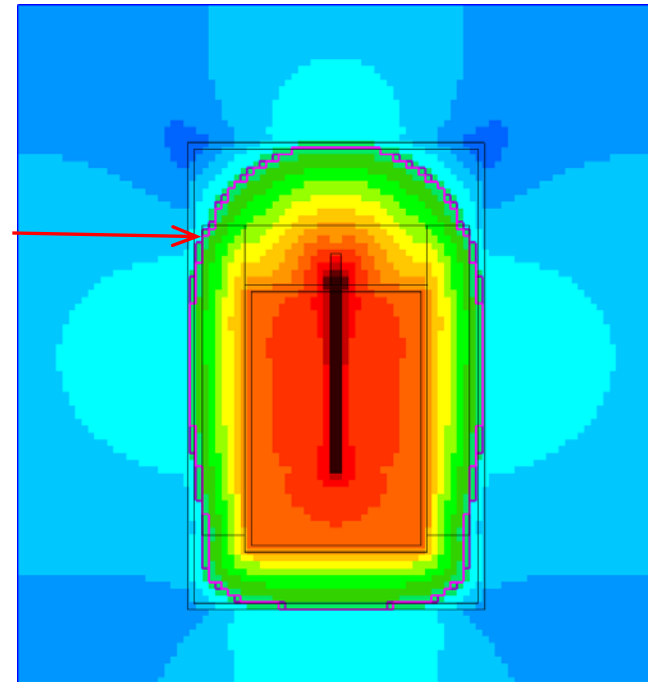


Effektive Jahresdosis – Schwerbeton

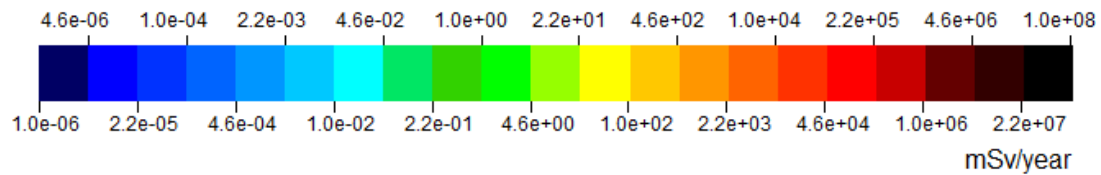
Abschirmung Sandwich



Abschirmung Beton



0.1 mSv/year



QA



1. Überprüfung der Verdichtung mittels Fallgewichtgerät

2. Dichtemessung mit Testvolumen

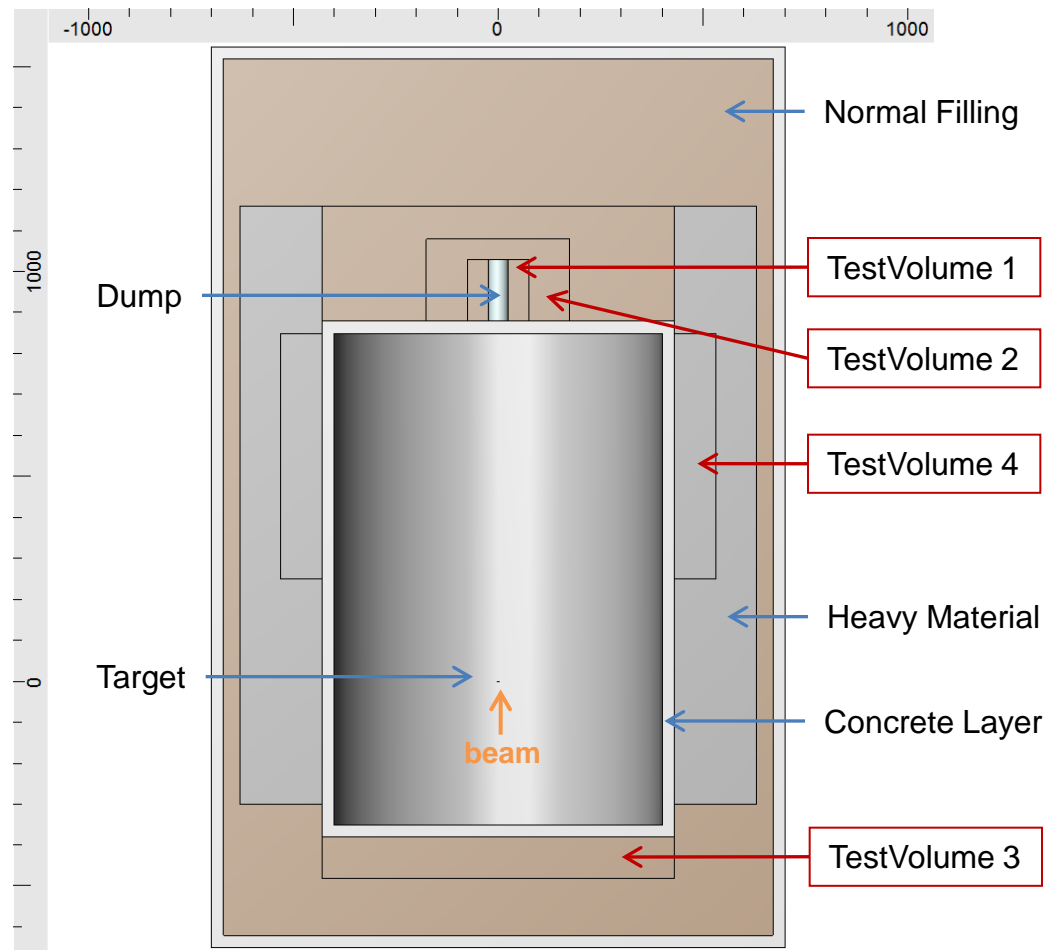


3. Laufende Probenahmen für chemische Analysen

AKTIVIERUNG KONTAMINATION

Aktivierung des Baumaterials

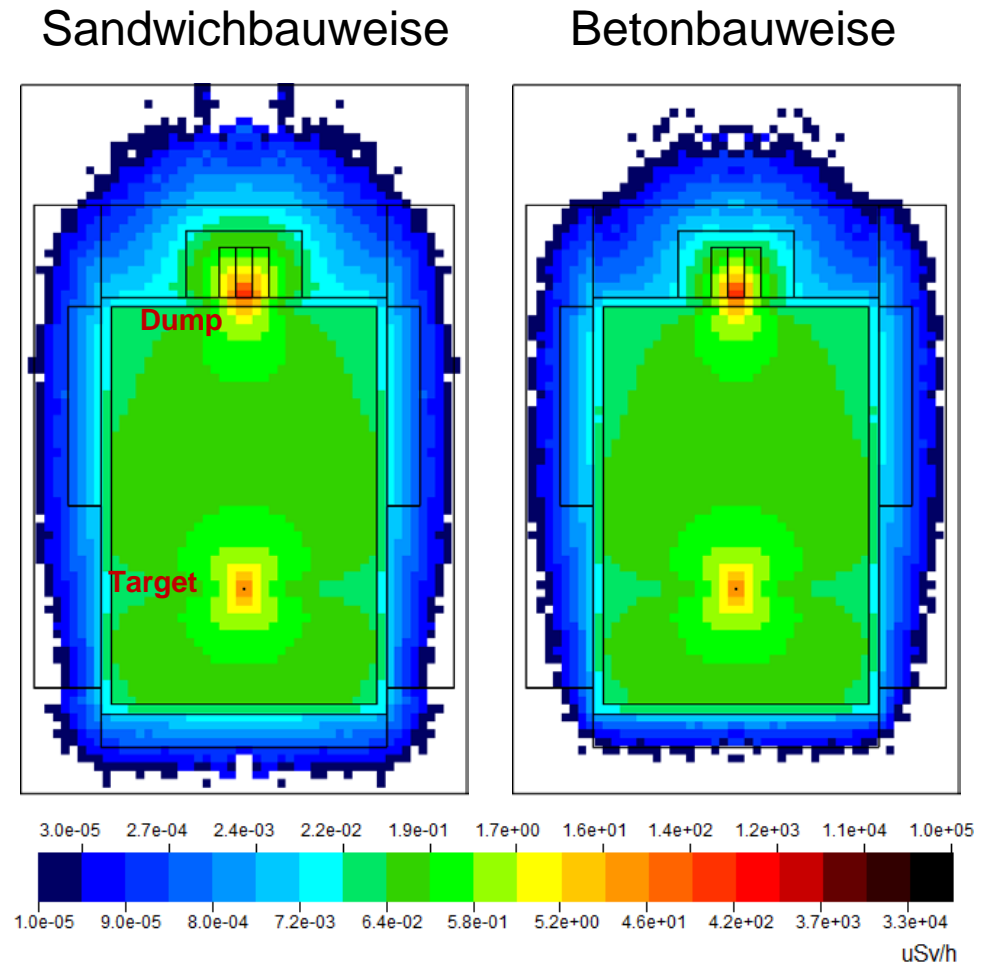
- Bestrahlungsraum 1
- 800 MeV Protonen
- Bestrahlungszyklus:
100 Jahre Operation
1 Stunde max. Intensität
- Abklingzeiten:
zwischen 1 min – 50 Jahren
- Spurenelemente:
Co, Cs, Eu



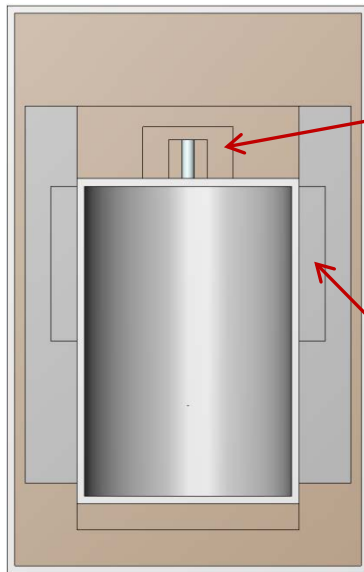
Dosisrate durch Aktivierung

- Bestrahlungsraum 1
- 800 MeV Protonen
- Bestrahlungszyklus:
100 Jahre Operation
1 Stunde max. Intensität
- Abklingzeit: **1 Tag**

Kein signifikanter Unterschied
im Bestrahlungsraum

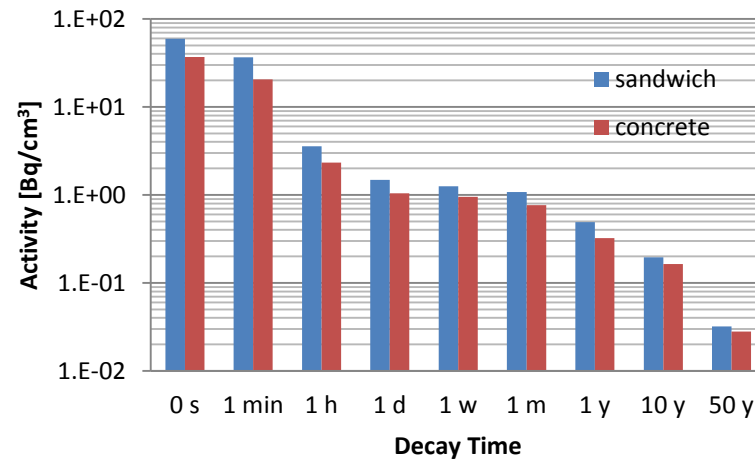


Aktivität

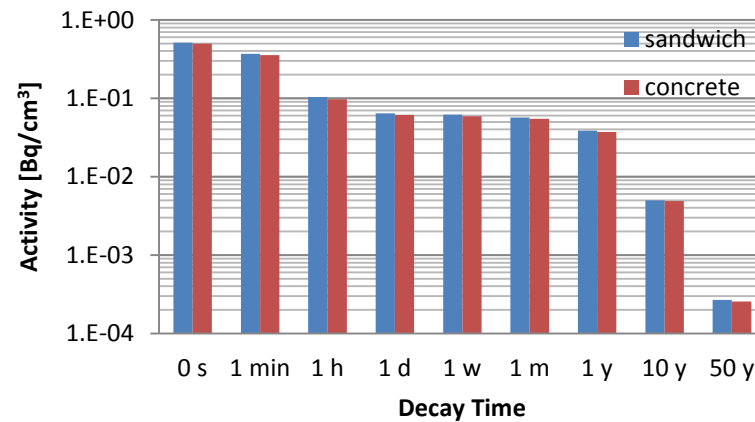


Aushubmaterial bis zu 78%
höhere Aktivität als Beton.

TestVolume2 – Normal Filling



TestVolume4 - Heavy Material



Freigabe von aktiviertem Material

- AllgStrSchV:

$$\sum_i \frac{A_i}{R_i} \leq 1$$

A_i – (Spezifische) Aktivitaet des Isotops i
 R_i – Freigabewert des Isotops i

- R_i nicht für alle Isotope festgelegt:

Konservativer Ansatz*

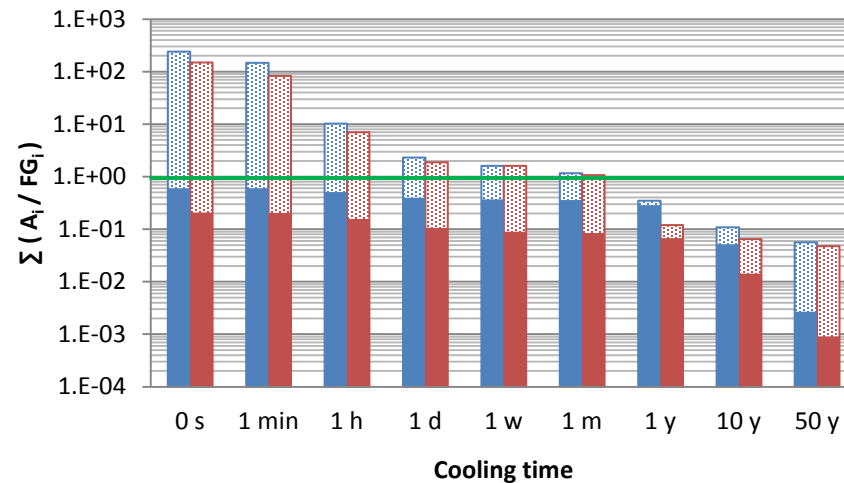
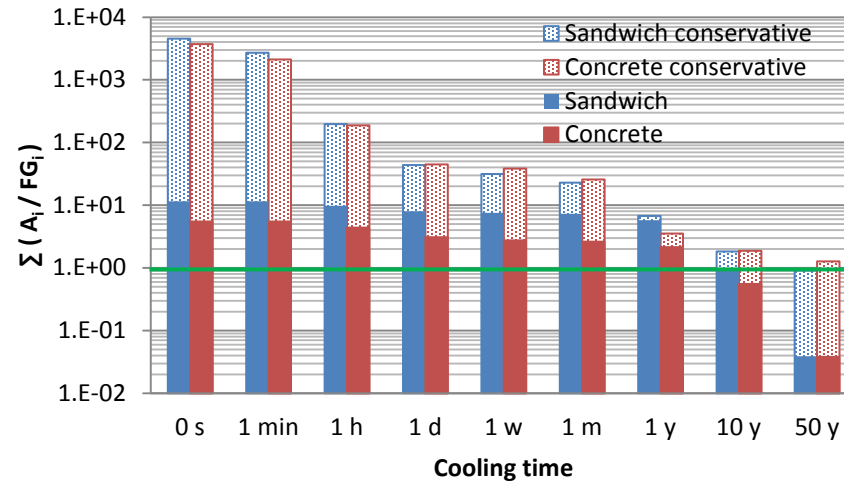
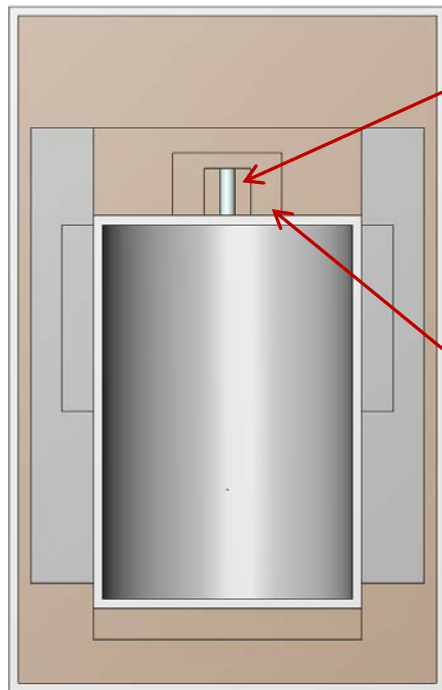
$$R_i = 0.1 \text{ Bq/g}$$

* 278 Isotope \rightarrow R: 0.004 Bq/g – 10000 Bq/g \rightarrow 16% $<$ 0.1 Bq/g \rightarrow 4% $<$ 0.05 Bq/g

Freigabe

Leitnuklide:

Bis zu 1 Jahr: Na-22
> 1 Jahr: Eu-152



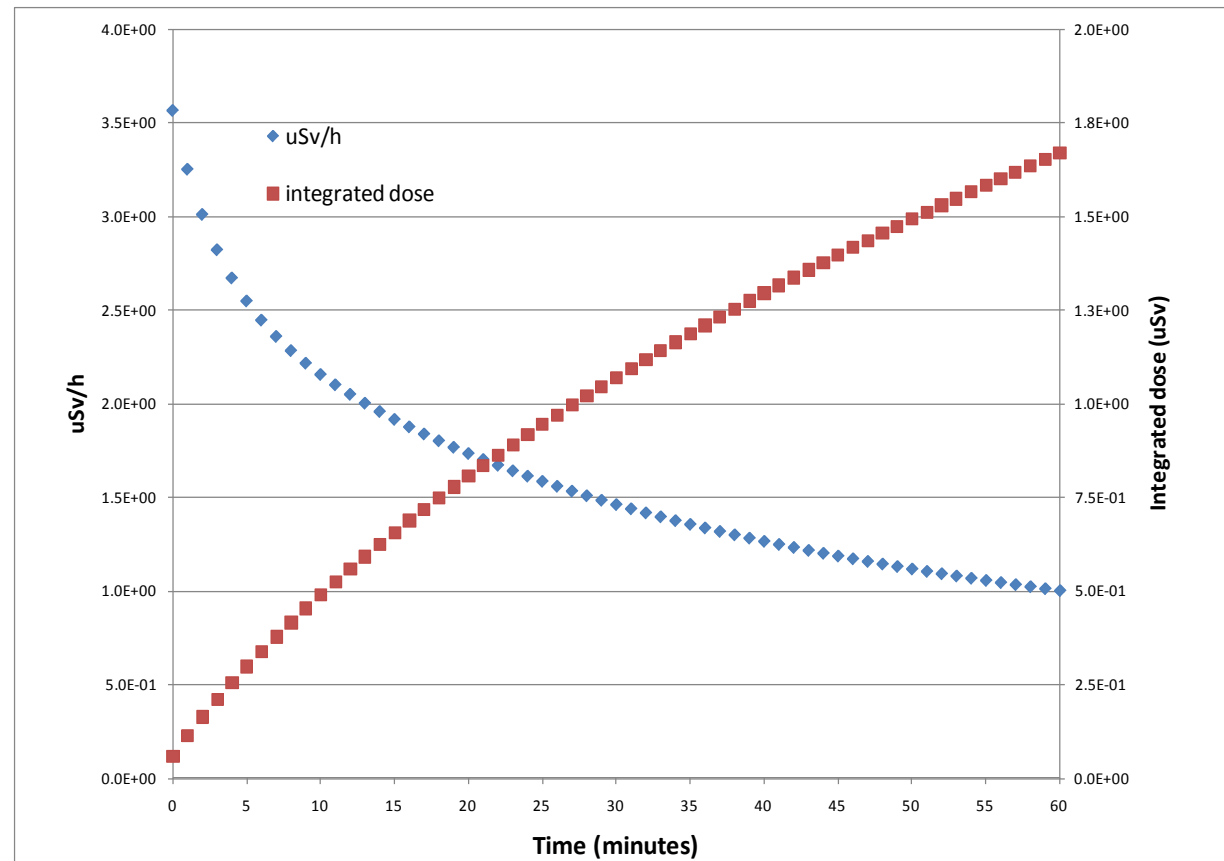
Luftaktivierung - Raumluft

Bestrahlungsraum 1

800 MeV Protonen

Strahlzeit: 1h bei max. Intensität

Keine Ventilation!



Aktivierung von kurzlebigen Isotopen dominiert: O-15, N-13, C-11

Luftaktivierung - Freigabe

- Berechnung der Luftaktivierung für
 - jährlichen Standardbetrieb
 - Maximaler Betrieb des Beschleunigers

$$\sum_i \frac{A_i}{C_i \text{ in Luft}} \quad \text{Abklingzeit 1h}$$

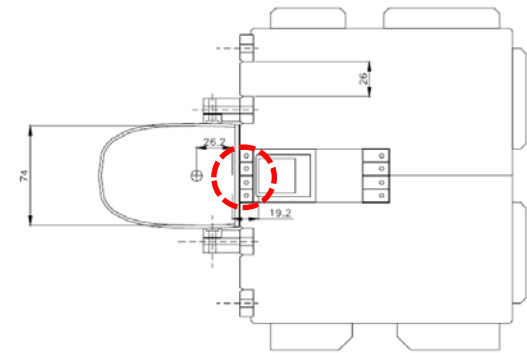
Strahlenart	Standardbetrieb	Maximalbetrieb
Protonen 800 MeV	0.121	1.93
C-Ionen 400 MeV	0.007	0.056
Protonen 250 MeV	0.005	0.038
Summe	0.1	2

Kühlwasseraktivierung

- Kühlwasser im mag. Septum
- Nach 10 Jahren Betrieb

$$\sum_i \frac{A_i}{C_i \text{ in Wasser}} < 0.001$$

- Keine signifikante Aktivierung des Kühlwassers
Leitnuklide: H-3, Be-7
- → Kontamination durch Korrosionsprodukte



Boden- und Grundwasseraktivierung

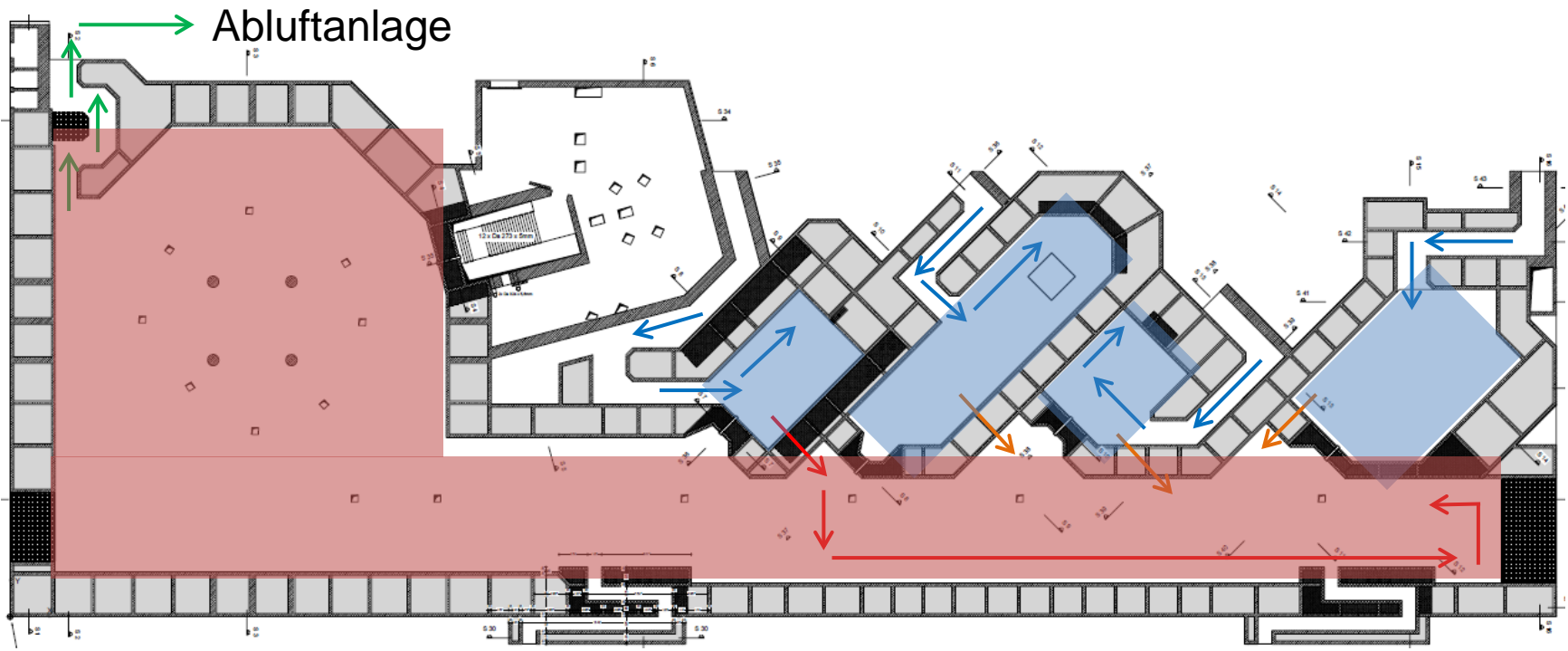
- Maßnahmen:
 - Gebäudefundament: 1.5m Beton
 - Bestrahlungsraum 2: 1.5m Eisenabsorber zusätzlich im Boden
- Grundwasserspiegel -10 m
- Erde inkl. Spurenelemente (Co, Cs, Eu)
- Nach **100 Jahren** keine signifikante Aktivierung von Grundwasser und Erdreich.

STRAHLENSCHUTZ- MASSNAHMEN

Lüftungssystem

- Gerichteter Luftstrom → Kontrollierte Abgabe & 1h Abklingzeit

- Druckstaffelung: Bestrahlungsraeume: -15 Pa
Synchrotronhalle: -30 Pa

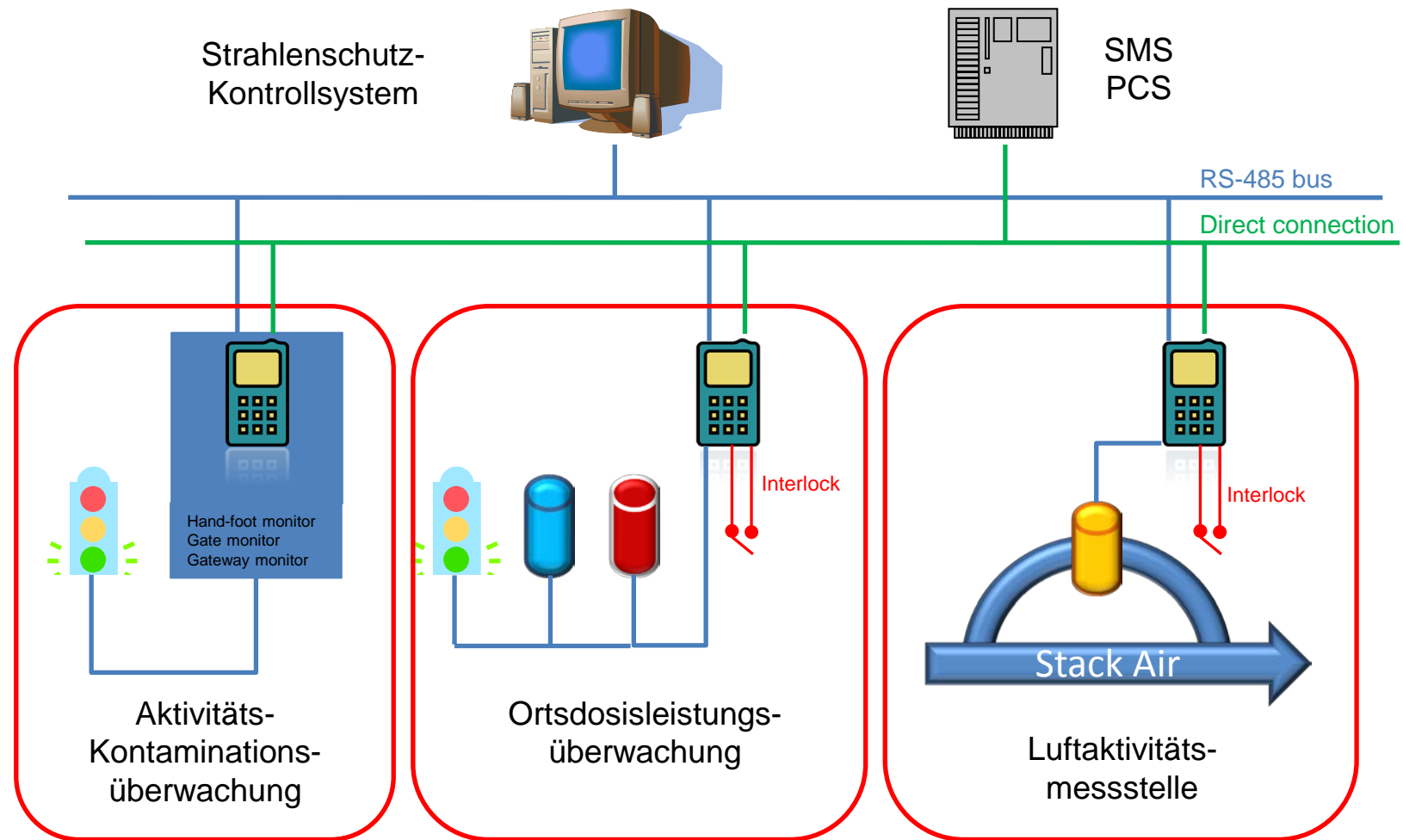


Abklinganlage

- 2 x 3000l Tanks zum Auffangen von eventuell rad. Abwasser
- Abwasser C-Labors
- Kühlwasseraustritt
- Rad. Flüssigkeiten
- Ableitung → nach Freigabe



RadMoS — Active Radiation Monitoring System



RadMoS – ODL Detektoren

- Röntgen & Gamma

- Ionisationskammer
- Proportionalzählrohr
- 35 keV – 10 MeV (Eichgrenze 1.3 MeV!)
- Plastikdetektor für Hochdosisbereich



PTW 34031



Berthold LB 111

- Neutronen

- REM Counter
- Thermisch – 800 MeV
- He-3, BF-3 mit PE (≤ 20 MeV)
- Wolfram-, Bleischale (> 20 MeV)



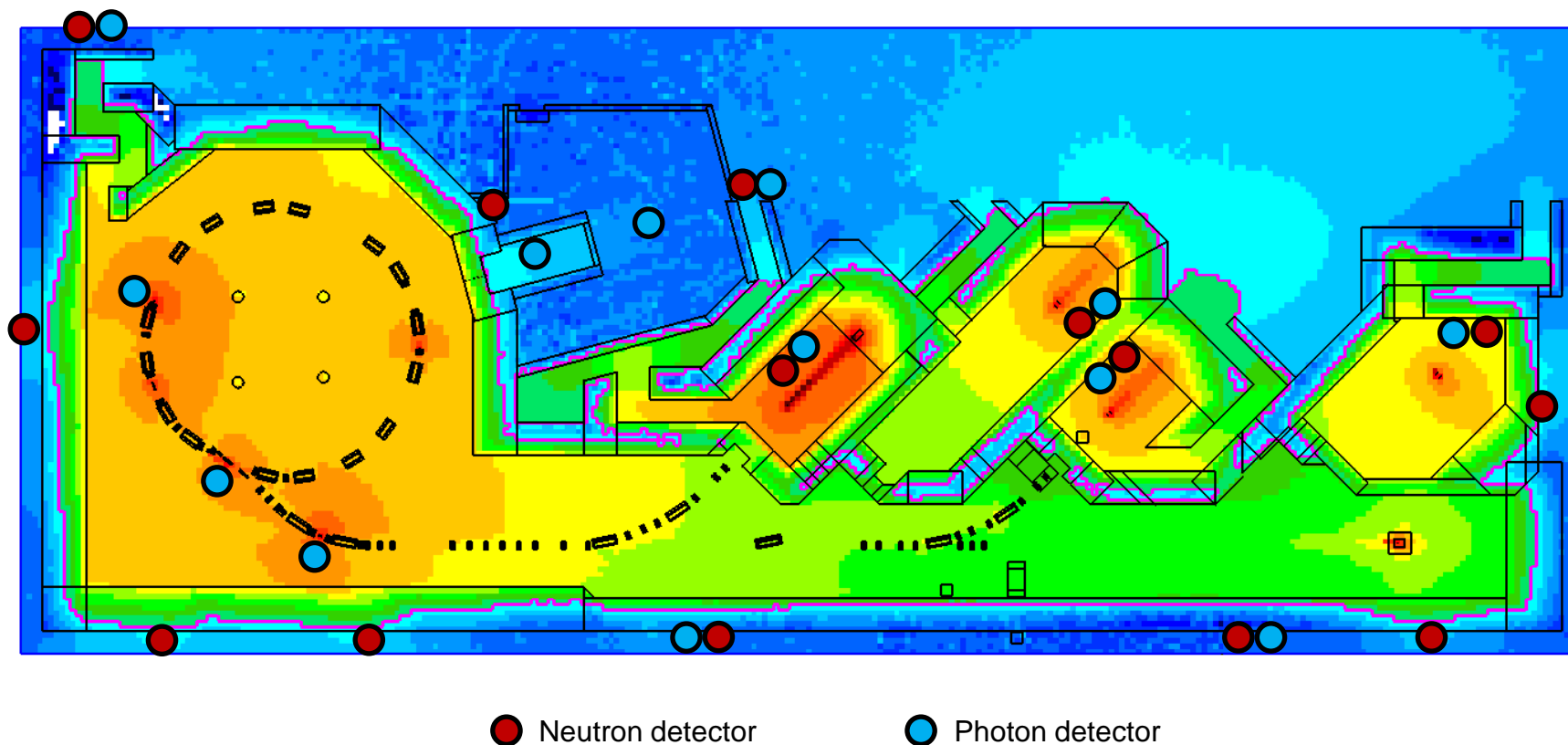
Berthold LB 6411-Pb



Thermo Wendi-2

RadMoS – Detektorpositionen

- ODL Monitore



RadMoS – Luftaktivitätsmessung

- Abluftüberwachung
 - Beta/Gamma Gasdetektor (Ar-41, C-11)
 - Aerosol Filtermonitor (Be-7)
 - Interlock bei Grenzwertüberschreitung
- Raumluftüberwachung
 - Beta/Gamma Gasdetektor (C-11, N-13, O-15)
 - Bestrahlungsraum 1 & Synchrotronhalle
 - Zutrittsbeschränkung



Canberra CAM110FF
Continuous Air Monitor



Berthold LB 9128
Moving Filter Monitor

RadMoS – Aktivitaet, Kontamination

- Hand-Fuß-Monitor:
 - Personen

- Ausfahrtsmonitore:
 - Personen, PKWs
 - Nachweisgrenze in 1 m bei 20 km/h
250 kBq (Cs-137)

- Portalmonitor:
 - LKWs
 - Nachweisgrenze in 4 m bei 5 km/h
60 kBq (Co-60)



Berthold LB 147



CERN Ausfahrtsmonitor



CERN Portalmonitor

PERSONEN- U. ORTSDOSIMETRIE

Personendosimetrie

- ~ 200 beruflich strahlenexponierte Mitarbeiter
 - EBG Angestellte
 - Gastwissenschaftler
 - Externe Konsulenten (CERN, PSI)
- Amtliche Dosimeter
 - TLD – Photonen, Beta, niederenergetische Neutronen
- Hochenergetische Neutronen
 - CR39 Plastikkernspurdetektor mit Konverter
- akkreditierte Messstelle:
 - Seibersdorf Zusammenarbeit mit PSI



Seibersdorf TLD



PSI CR39

Passive Ortsdosimetrie

- Seibersdorf Ortsdosimeter
 - TLD - ${}^6\text{Li}/{}^7\text{Li}$ in PE Zylinder
 - nur Photonen
- Neutronen:
 - Untersuchung des Neutronenansprechverhaltens der Seibersdorf Ortsdosimeter in Gang
 - Eventuell ausreichend
 - „GSI Kugel“ – TLD in PE & Pb





**DANKE FÜR IHRE
AUFMERKSAMKEIT!**