

# **Sekundäreffekte durch die Lagerung von Castorbehältern im Zwischenlager Gorleben**

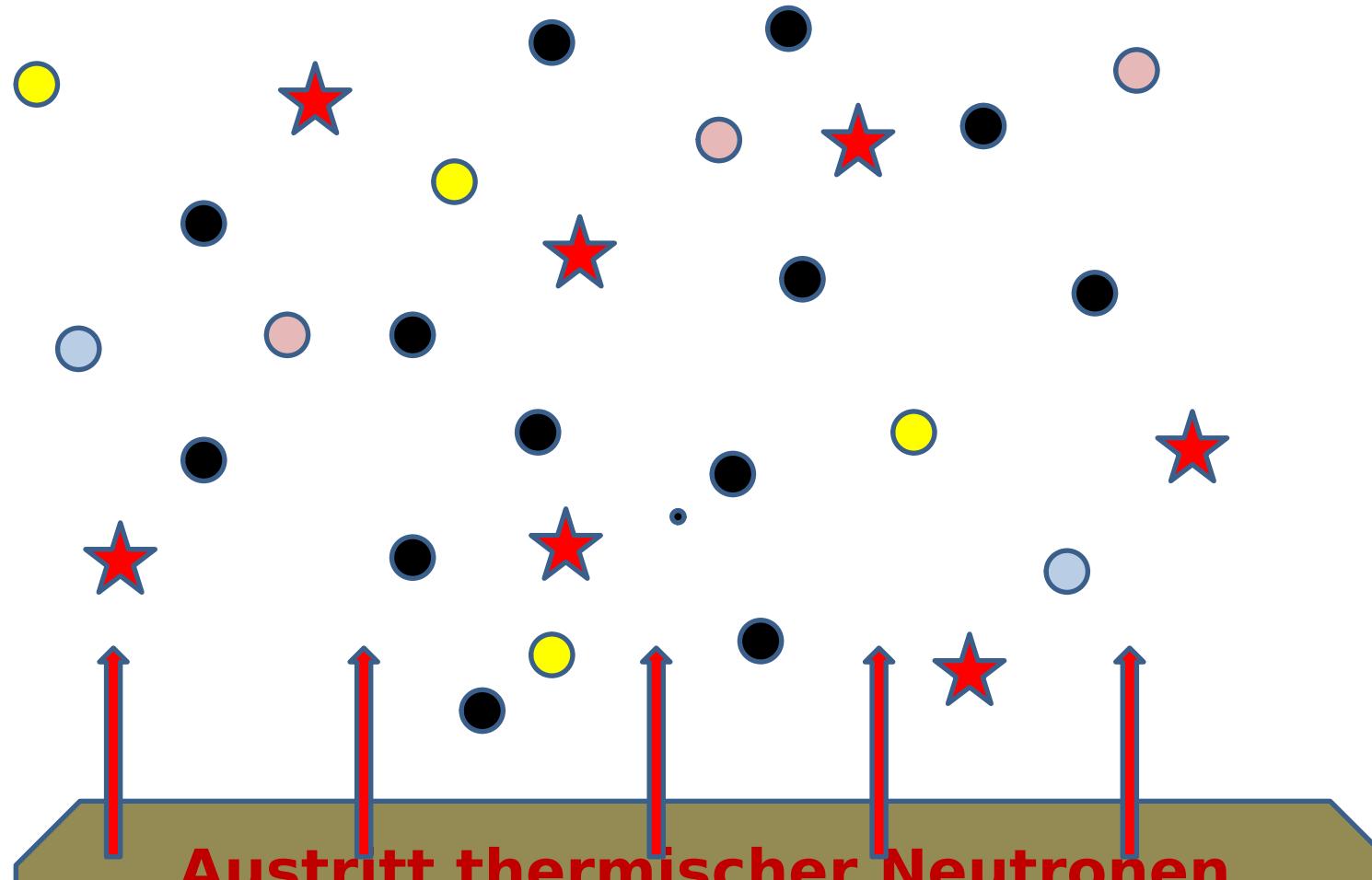
**- CASTOR als Neutronenquelle -**

**Prof. Dr. Rolf Bertram, Göttingen**  
**- 25. September 2014 -**

**Studie erstellt im Auftrag des Landkreises Lüchow-**

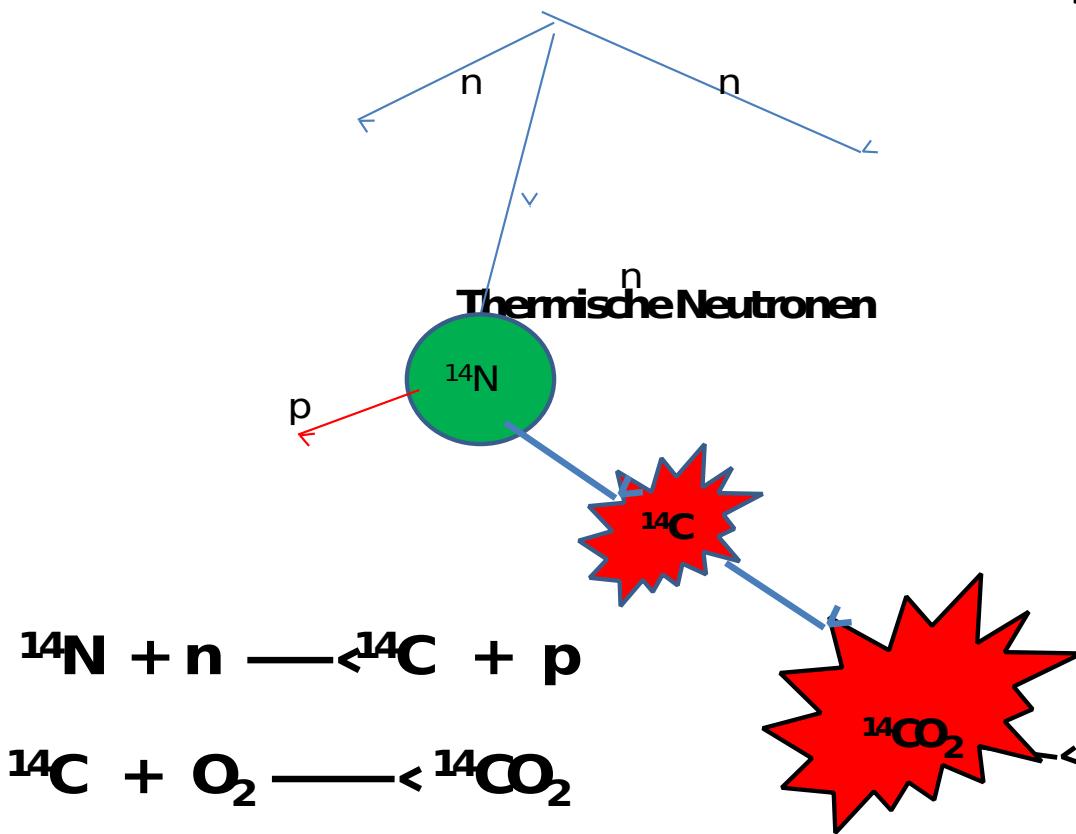
# **Wie gelangt Radioaktivität aus geschlossenen Behältern in die Umwelt ?**

*( Die Expertise ist unter der Annahme erstellt, dass alle eingelagerten Castoren dicht sind und bleiben und dass keine Lecks durch mögliche Überhitzungen auftreten )*



**TBL: 182 m lang, 38 m breit , 20 m  
hoch,  
420 Stellplätze, z.Zt. 113 Castoren**

## Schema der Stickstoffaktivierung



# **Gasbestandteile in trockener Luft**

<b>Stoff</b>	<b>Volumenantei l in %</b>
--------------	--------------------------------

<b>N<sub>2</sub></b>	<b>78,1</b>
----------------------	-------------

<b>O<sub>2</sub></b>	<b>20,9</b>
----------------------	-------------

<b>Ar</b>	<b>0,9</b>
-----------	------------

<b>CO<sub>2</sub></b>	<b>0,2</b>
-----------------------	------------

**Spuren von CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>,**

# Partikel/ Aerosole in Luft

Nitrate, Sulfate, Karbonate ,Wasser  
etc.

- \* 1 Kubikmeter Luft enthält weit über **1 Mio** Schwebstoffteilchen
- \* Mit jedem Atemzug gelangen diese Partikel in unser Lungengewebe

Aus gesundheitlicher Sicht ist die Größe der Staubteilchen, aber auch die stoffliche Zusammensetzung und die Schadstoffverteilung vor allem aber der **radioaktive Anteil** von größter Bedeutung

# **Schadstoffcocktail**

radioaktive Gase und darin dispers verteilt  
radioaktivitätstragende Partikel

Durch die Auswertung epidemiologischer Studien mit „Mehrschadstoffmodellen“ ist nachgewiesen worden, dass Feinstaub wesentlich bedeutsamer ist als gasförmige Schadstoffe

# Mikropartikel

- \* 1 Mio Partikel von 50 nm haben dieselbe Masse wie 1 Partikel von 5  $\mu\text{m}$ ,
- \* aber die **hundertfache** Oberfläche.
- \* 1% der Masse stellt also 80% der Oberfläche dar.

## **Verhalten in der Luft**

**Die in der Luft gebildeten  
radioaktiven Aktivierungsprodukte  
lagern sich schnell an staubförmige  
Partikel an und stellen beim  
Absinken in bodennahe Bereiche  
eine erhebliche Gefahrenquelle dar.**

**Besonders kleine Teilchen können  
über Wochen und Monate in der  
Atemluft verbleiben.**

# **Anreicherung von C-14 !!!!!**

in bodennahen Luftschichten,  
in Pflanzen, Böden und Wasser  
durch Ausfällungen und  
Niederschläge

**14C** gelangt in die Biokreisläufe

- \* durch Atmung,
- \* durch Fotosynthese,

und löst dort durch Betastrahlung  
**strahlenbiologische Reaktionsketten** aus.

Abschätzung der biokinetischen Abläufe nach

Inkorporation von **14C** liegen in W

# Besondere Gefahr

## Strahlenschäden durch Einatmen

- \*  **$^{14}\text{CO}_2$ -haltiger Luft und**
- \*  **$^{14}\text{C}$  -tragender Partikel**

(HWZ von Radiokohlenstoff **5736 Jahre**)

*Mehr als 100 Generationen werden  
belastet*

# **Ausbreitung durch Wind und Wetter zu beachten:**

- Mischungsschichthöhe**
- Zuggeschwindigkeit**

**Stagnationswetterlagen  
Inversionswetterlagen**

**Es ist nicht bekannt, dass jemals in der  
Abluft der TBL  
Probenahmen erfolgt sind mit dem Ziel,  
Aktivierungsprodukte in Form von  
Gasen und  
aktivitätstragenden Partikeln  
nachzuweisen**

( vorrangig zur Ermittlung von  $^{14}\text{C}$  )

**ablaufenden  
Aktivierungsprozesse ist  
angesichts der daraus  
folgenden  
Belastung für Mensch und  
Umwelt  
unverzichtbar.**

**Nur so können Gefahren  
erkannt und  
nach Möglichkeit vermindert**

## Forschungs- und Kontrollbedarf:

- 1. Erarbeitung eines Gesamtkonzepts zu einer Überwachungsstrategie mit wiederkehrenden Prüfungen.**
- 2. Die vorhandene Neutronenstrahlung ist durch zusätzliche Abschirmmaßnahmen umgehend zu reduzieren. Ggf. sind Maßnahmen zur Begrenzung der kurz- und langfristigen Schadwirkungen umgehend einzuleiten.**
- 3. Unverzüglich sind Untersuchungen über den Verlauf der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität in der Atemluft sowie über Anreicherung und über die Verteilung der  $^{14}\text{C}$ -Aktivität erforderlich**
- 4. Für die Berechnung ist von der höchsten in den Behältern sowie im gesamten Zwischenlager auftretenden Neutronenquellstärke und von der ungünstigsten räumlichen Verteilung der Strahlenquellen auszugehen.**
- 5. Die übliche anhand von Nuklidvektoren (QUELLTERM) errechnete Gesamtaktivität berücksichtigt weder die unterschiedliche Aktivität der Behälter noch mögliche Dosiskalkulationen zur Abschätzung gesundheitlicher Risiken.**
- 6. Das Ausmaß der beschriebenen radioaktiven Kontamination ist dringend zu untersuchen. Aus radiologischer Sicht muss in einer umweltbezogenen Überwachung der Einfluss der radioaktiven Emissionen auf die Umgebung nachvollziehbar dargestellt werden.**

7. Art und Intensität der Emissionen sowie der Immissionen in betroffenen Umweltbereichen (bodennahe Luftschichten, Trink- und Grundwasser, Niederschlag , Boden, Pflanzen) sind unter Kennzeichnung der Aufpunkte **zu messen und offenzulegen**. Der Ermittlung der Langzeit- und der Kurzzeitausbreitung insbesondere für die Hauptausbreitungsrichtung kommt dabei besondere Bedeutung zu.
8. Bei der Erfassung radioaktiver Aerosole sind die Abhängigkeit vom Durchmesser der Aerosolpartikel sowie die großenabhangigen Verweilzeiten in der Atemluft zu berücksichtigen.
9. Durch Analysieren und Vergleichen von gewachsenen Ringen aus Bäumen und gealtertem Holz (Dendrochronologie) sollten zurückliegende Ereignisse und Veränderungen in der Umgebung ermittelt werden.
- 10.Bei einer Ermittlung der flächenbezogenen Aktivität sind eine Verlagerung von  $^{14}\text{C}$  in tiefere Bodenschichten sowie eine Bestimmung von Transferfaktoren Boden/Bewuchs für verschiedene Standorte zu berücksichtigen

**11.** Bei einer Kontrolle der möglichen Ausbreitung sedimentierter Radionuklide über das Grundwasser sind die Fließgeschwindigkeiten und die Beschaffenheit des Grundwasserleiters zu beachten.

**12.** Eine mögliche Ableitung radioaktiver Stoffe mit dem Abwasser ist anhand von Mischproben zu ermitteln und zu bilanzieren.

**13.** Eine mögliche steigende Tendenz der Bodenbelastung sollte durch Ermittlung des „Washout- Effekts“ erkennbar sein.

**14.** Die aus toxikologischen Untersuchungen abgeleiteten biokinetischen Modelle, die die Aufnahme einer Verbindung in den Körper, ihren Metabolismus, die resultierende Verteilung der Aktivität im Körper und schließlich ihre Ausscheidung beschreiben, sind insbesondere auf <sup>14</sup>C anzuwenden.

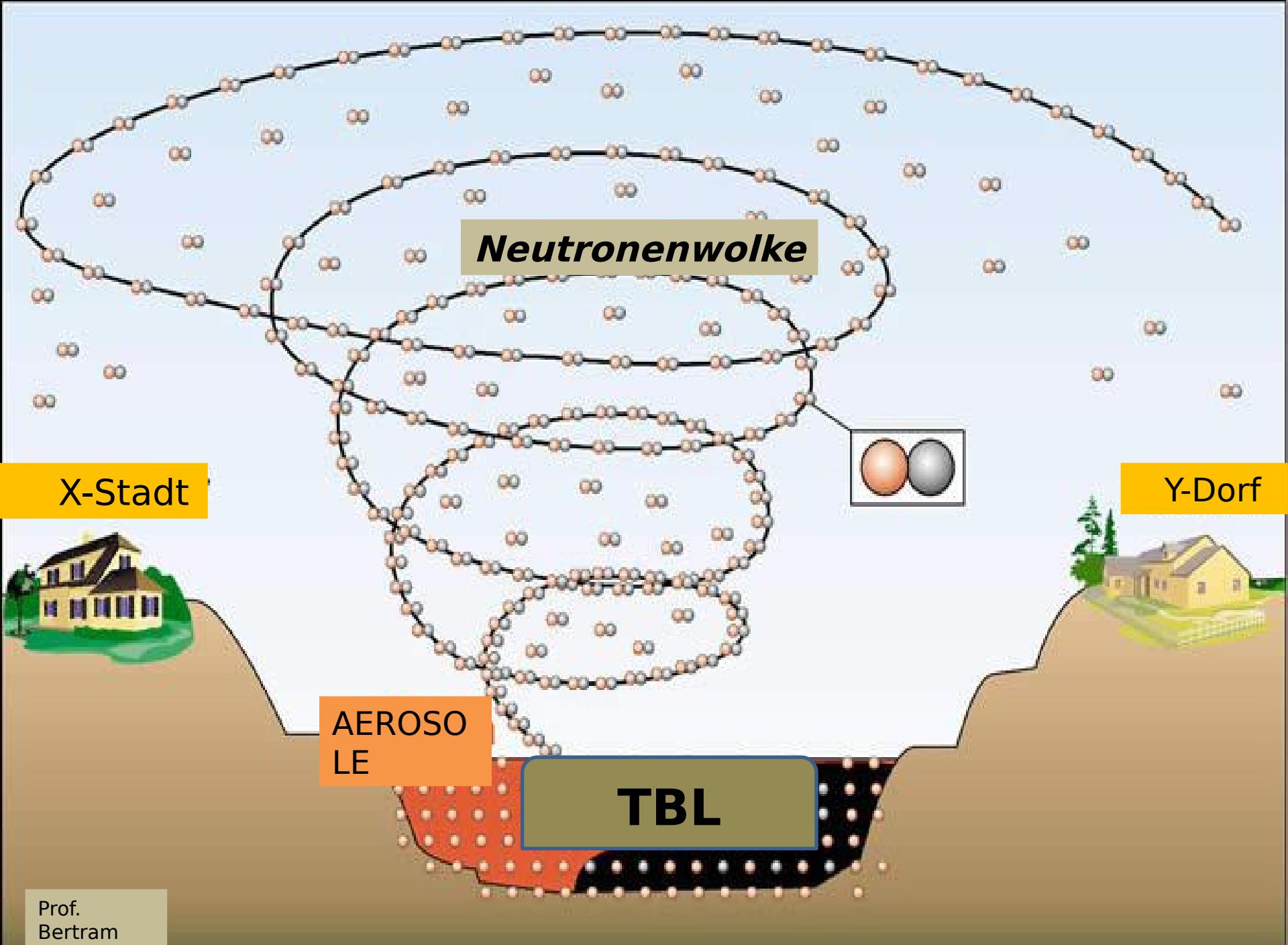
**Danke für Ihre  
Aufmerksamkeit**

~~von Aerosolen sind durch Filter nur z.T. zurückzuhalten. Der nichtrückhaltbare Anteil ist bisher we~~

**Luftgetragene radioaktive Stoffe in Form von Aerosolen** sind durch Filter nur z.T. zurückzuhalten. Der nichtrückhaltbare Anteil ist **bisher weder gemessen noch abgeschätzt worden.**

Prof. Dr. Rolf Bertram, Dezember 2014

Luftchemische Reaktionsmodelle zwischen  
Radioaktivität tragende Feinstaubpartikel (Aerosole)  
sind nicht bekannt



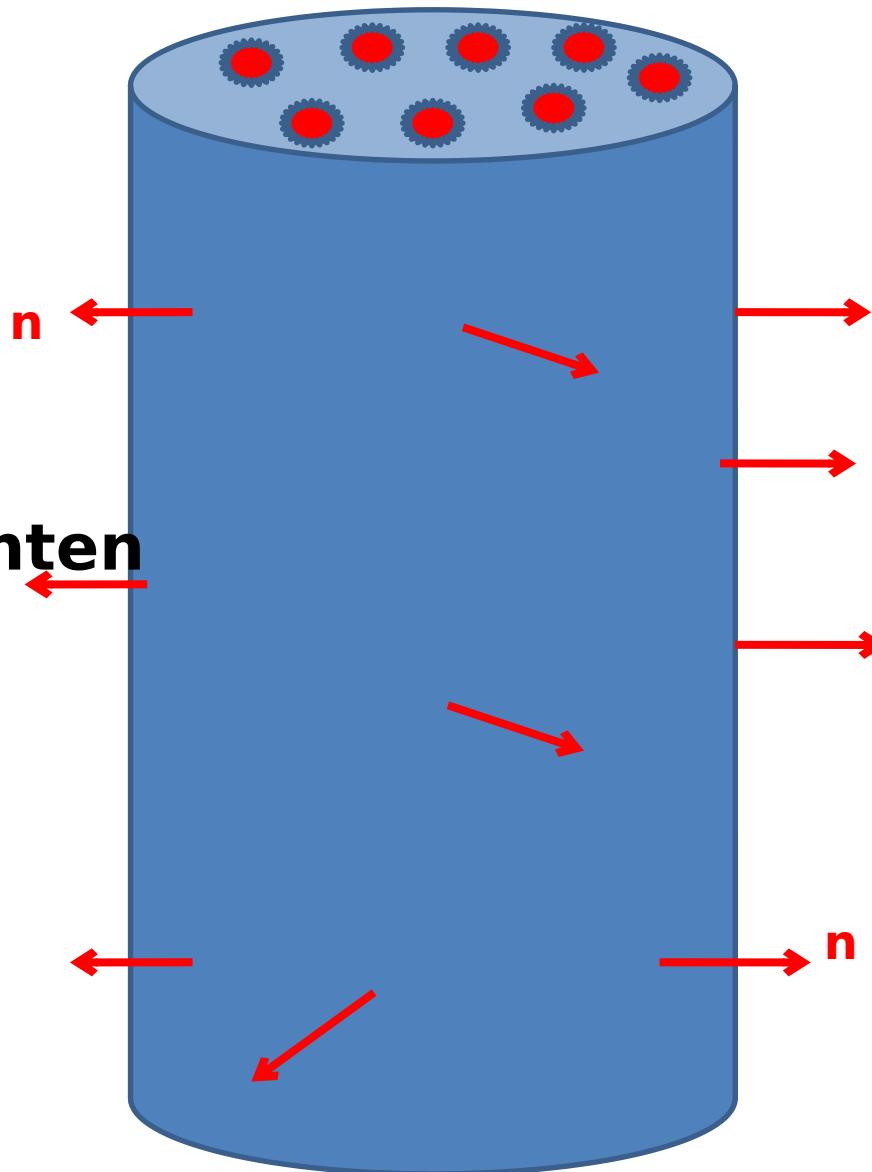
**von Aerosolen** sind durch Filter nur z.T. zurückzuhalten. Der nichtrückhaltbare Anteil ist **bisher we**

# Bildung von Radiokohlenstoff ( $^{14}\text{C}$ ) aus Luft-Stickstoff ( $^{14}\text{N}$ )

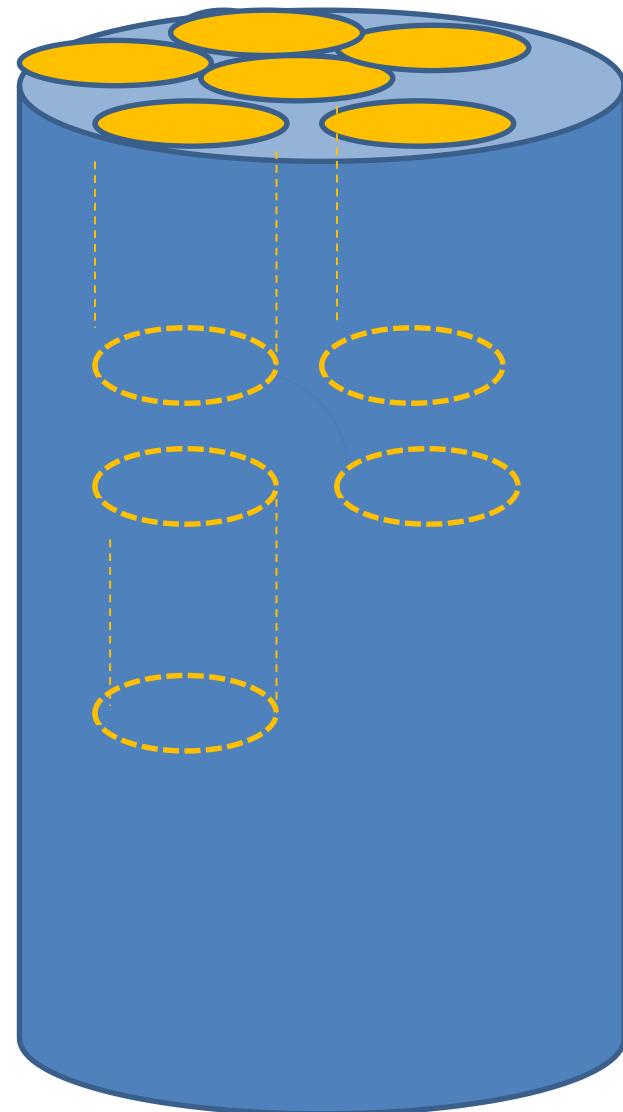


1,8 b, Protonen

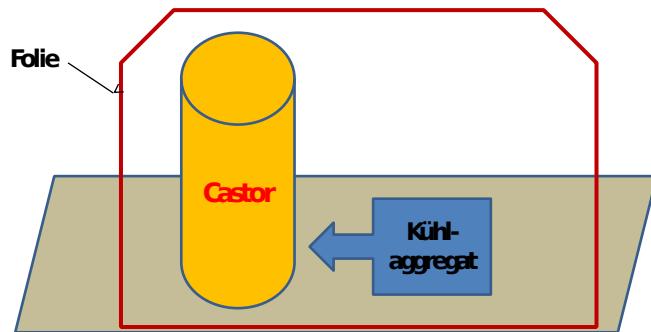
# **CASTOR gefüllt mit Brennelementen**



**CASTOR  
gefüllt  
mit  
Glaskokil-  
len**



## Skizze der Einhausung mittels gasdichter Folie



Folie schließt die Anordnung Castor + Kühlaggregat gasdicht ab. Das Kühlaggregat dient der Kühlung ohne Luftwechsel. Gebildeter Radiokohlenstoff bleibt innerhalb der Folienumhüllung und reichert sich innerhalb von Wochen/ Monaten so an, dass kontrollierende Messungen auf Aktivierungsprodukte erfolgen können.

# WEITERE AKTIVIERUNGSPROZESSE

$^1\text{H}$  (n,γ)  $^2\text{H}$       332 mb, Gamma  
 $^2\text{H}$  (n, γ ) $^3\text{H}$       0,55 mb,

Gamma

(HWZ von Tritium 12,346

Jahre)

$^{40}\text{Ar}$  (n, γ)  $^{41}\text{Ar}$  , 660 mb, Gamma  
HWZ: 1,83 h

# **3. Sind die Überwachungssysteme geeignet ?**

## Radioaktivität und Strahlung beim GNS-Werk Gorleben

keine Gase und Aerosole in der Abluft  
= **keine radioaktiven Stoffe**

Abfälle im TBL und ALG  
= **radioaktiver Stoff**

TBL und ALG emittieren keine radioaktiven Stoffe, PKA ist nicht in Betrieb



Keine Innere Strahlung

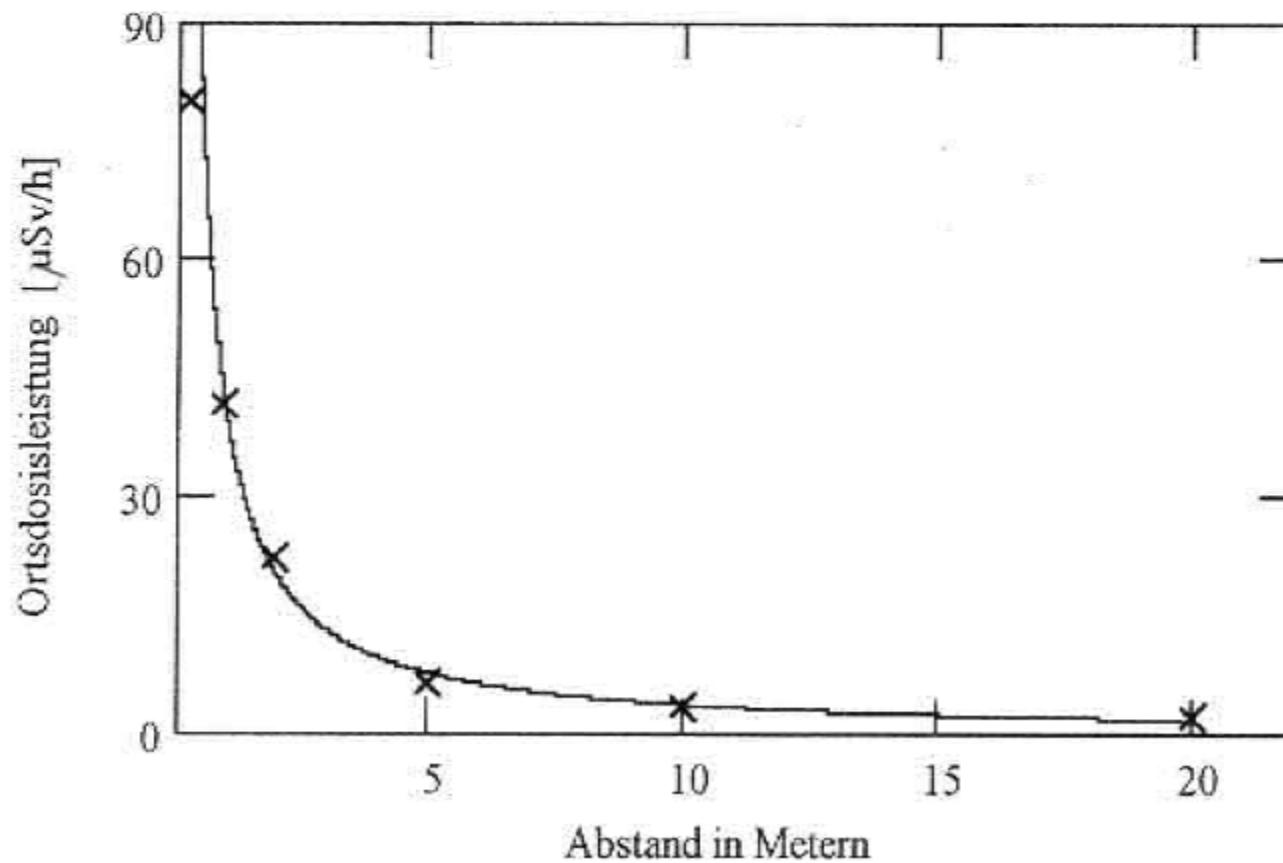
Radioaktive Stoffe in der Anlage  
→ äußere Strahlung

**Die Anwendung der Zwischenlager des Werkes Gorleben hat keine radiologischen Auswirkungen auf die Umwelt.**

Messungen im Neutronen- und Gamma-  
Strahlungsfeld eines beladenen Castor-  
Ila-  
Behälters im Transportbehälterlager  
Gorleben  
und Vergleich der Meßergebnisse für  
Neutronen  
mit Monte-Carlo-Rechnungen

Abb. 6: Abstandsverhalten der Neutronen-Strahlung

(durchgezogene Kurve - Fit mit  $y = \frac{a}{x^b}$ )



- "Sekundäreffekte bei Transport und Lagerung von
  - Castorbehältern im Zwischenlager Gorleben"
  - 
  - ( CASTOR als Neutronenquelle )
- 
- Prof. Dr. Rolf Bertram, Lüchow-Dannenberg, 9.April 2014