

STARKES STUDIUM.
PRIMA ZUKUNFT.



TECHNIK WIRTSCHAFT INFORMATIK

Radioaktive Belastung von Waldpilzen aus der Region Heilbronn

Prof. Dr. Kurt Rauschnabel,
Labor Strahlungsmesstechnik
in Zusammenarbeit mit dem Pilzverein Heilbronn e.V.

Campus Heilbronn

Radioaktive Belastung von Waldpilzen aus der Region Heilbronn

Übersicht:

- ▶ Was ist Radioaktivität ?
- ▶ Was ist Cäsium-137 ?
- ▶ Wie funktioniert Gammaskopie ?
- ▶ Wie sieht unser Messplatz aus?
- ▶ Was haben wir gemessen ?
- ▶ Wieviel Cäsium ist nun in unseren heimischen Pilzen ?

Was ist Radioaktivität ?



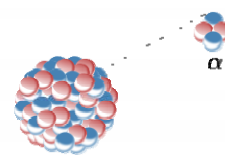
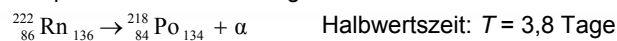
- ▶ Radioaktivität: Eigenschaft **instabiler Atomkerne**, sich spontan in andere Atomkerne umzuwandeln
- ▶ Dabei entsteht energiereiche **ionisierende Strahlung**
 - ▶ Elektronen werden aus Atomen/Molekülen heraus geschlagen
 - ▶ Chemische Bindungen werden zerstört, Moleküle zertrümmert
 - ▶ Es entstehen Ionen (Atome mit zu wenig/zu viel) Elektronen u. Molekül-Bruchstücke (Radikale)
- ▶ Strahlenschäden in Lebewesen
 - ▶ **Direkte Strahlenschäden** durch zerstörte Biomoleküle (DNS!)
 - ▶ **Indirekte Strahlenschäden** durch freie Radikale

Was ist Radioaktivität ? Wichtige Strahlungsarten

▶ α -Zerfall / α -Strahlung

- ▶ Atomkern schießt ein α -Teilchen heraus (Helium-Atomkern: 2 Protonen und 2 Neutronen)

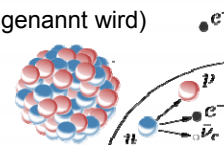
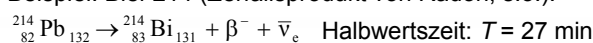
- ▶ Beispiel: radioaktives Edelgas Radon-222:



▶ β -Zerfall / β -Strahlung

- ▶ Im Atomkern wandelt sich ein Neutron in ein Proton um, dabei entsteht ein Elektron (das hier auch β^- -Teilchen genannt wird) (... und noch ein neutr. "Neutrino") Ergänzung: Es gibt auch β^+ !

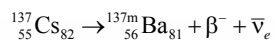
- ▶ Beispiel: Blei-214 (Zerfallsprodukt von Radon, s.o.):



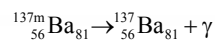
Was ist Radioaktivität ? Wichtige Strahlungsarten

► γ - Strahlung

- Nach α - oder β -Zerfall ist i.d.R. die Ordnung im Kern durcheinander
- Kern hat zu viel Energie, versucht diese als elektromagnetische Strahlung abzugeben
- „Gammas“ („ γ -Quanten“, Photonen) aus dem Kern sind „Lichtteilchen“ (wie Röntgenstrahlung), jedoch meist mit höherer Energie
- γ - Strahlung entsteht also häufig in Folge von α - oder β -Zerfällen
- Beispiel: Cäsium-137 (β - Zerfall !):

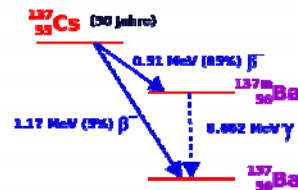


$T = 30$ Jahre



$T = 2,5$ min

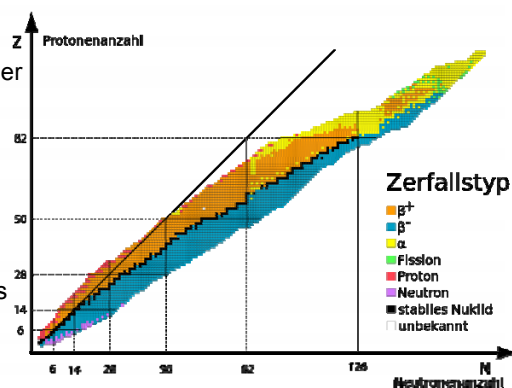
$E_{\gamma} = 662$ keV



Warum sind manche Kerne stabil, andere nicht?

► Eine Frage der Energie!

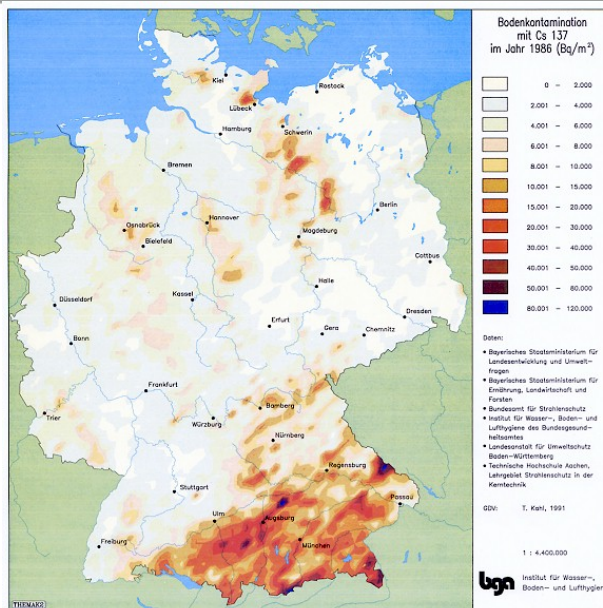
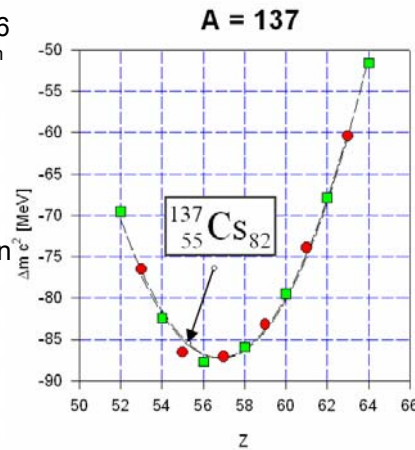
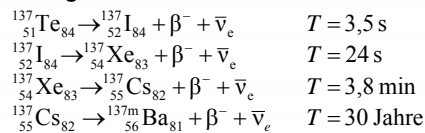
- Der Kern wird instabil, wenn er eine Möglichkeit hat, einen energetisch günstigeren (niedrigeren!) Zustand zu erreichen!
- Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen
- Für einen stabilen Kern muss die Mischung stimmen
- Spaltprodukte aus der Kernspaltung haben zu viele Neutronen $\rightarrow \beta^{-}$ - Strahler



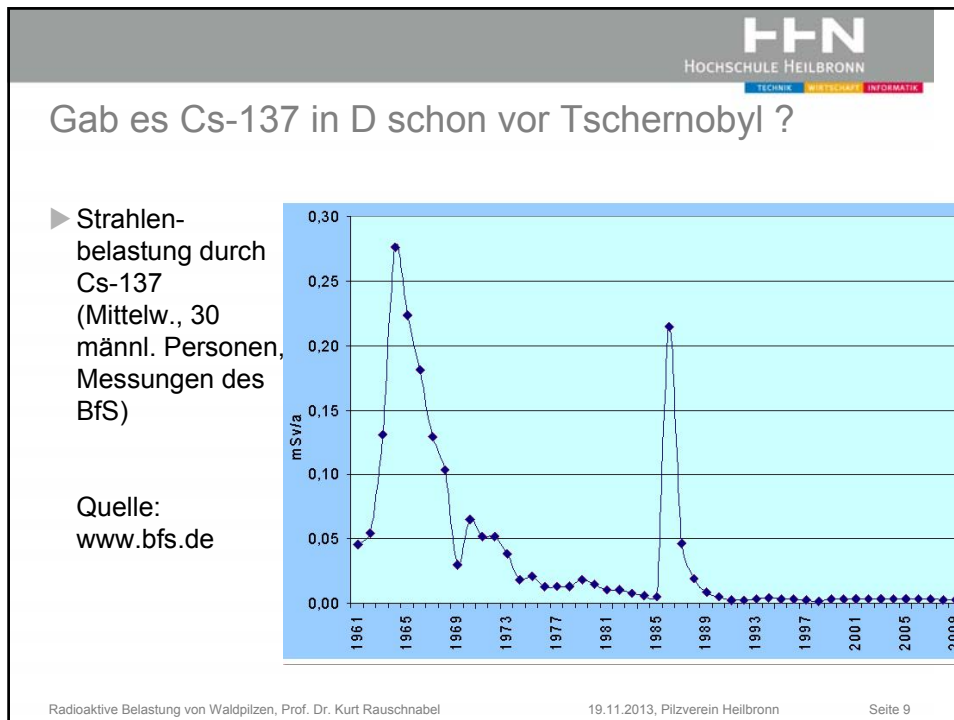
Was ist Cäsium-137 ?


Wo kommt das Cäsium-137 in den Pilzen her?

- ▶ Reaktorunglück Tschernobyl, 26.4.1986
Große Mengen Spaltprodukte gelangen durch Explosion des Reaktors und anschließendem Brand in die Atmosphäre z.B. $85 \cdot 10^{15}$ Bq Cs-137
- ▶ Spaltprodukte der Uran-Spaltung:
„zu viele“ Neutronen
- ▶ 6,2 % davon mit A=137 (Neutr.+Prot.)
- ▶ In einer Folge von β^- - Zerfällen zerfallen diese in Richtung tiefster Energiezustand:



- ▶ Cs-137 Aktivität/m² 1986 im Boden
- ▶ Norden von B.-W. wurde vor dem Schlimmsten verschont!





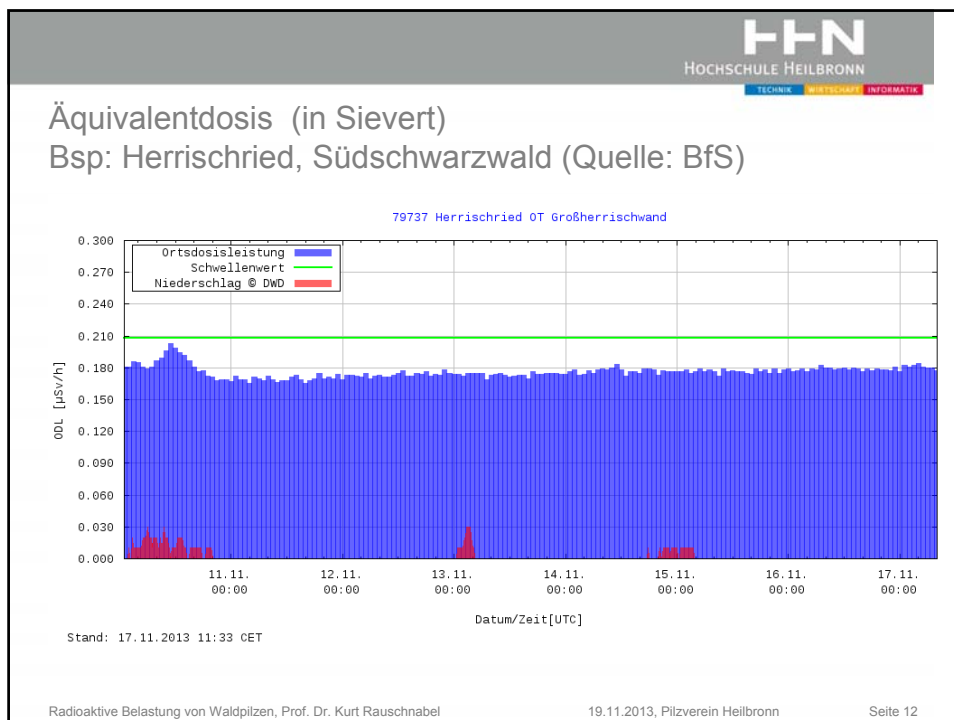
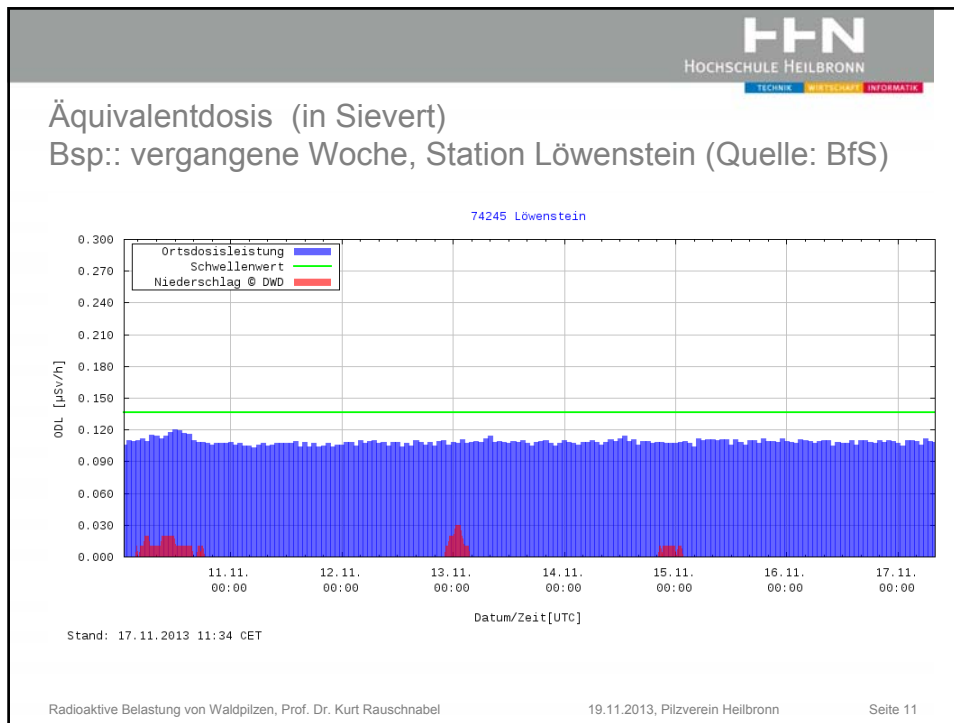
 HOCHSCHULE HEILBRONN

 TECHNIK WIRTSCHAFT INFORMATIK

Die wichtigsten Einheiten für Radioaktivität und Strahlendosis

- ▶ **Aktivität:** Anzahl der Umwandlungen pro Sekunde
 - ▶ Einheit Becquerel (Bq):
1 Bq = 1 Umwandlung / Sekunde
 - ▶ Bsp.: EU-Grenzwert für Lebensmittel: **600 Bq pro kg**, also 600 Zerfälle in einer Sekunde
 - ▶ Wenn wir in 1 kg Pilzen Cäsium-137 mit 1/10 des Grenzwerts finden, dann sind dies
 - ▶ 60 Bq , also 60 Zerfälle pro Sekunde
 - ▶ Halbwertszeit groß → in 1 Sekunde zerfällt nur ein kleiner Teil der Kerne
 - ▶ Für 60 Bq brauchen wir ca. 80 Mrd. Kerne ! (**viel ?**)
 - ▶ Dies sind aber nur 20 pg = 20 (Billionstel Gramm) Cäsium (**wenig ?**)
- ▶ **Dosis:**
 - ▶ Energiedosis = (im Körper absorbierte Strahlungsenergie) / (Körpermasse)
 - ▶ Äquivalentdosis = Energiedosis * (relative biolog. Wirksamkeit, RBW)
 - ▶ Einheit der **Äquivalentdosis:** 1 Sievert
 - ▶ Bsp.: natürliche Strahlenbelastung in Deutschland: ca. 2 mSv / Jahr
 - ▶ Die Aufnahme von 80 000 Bq Cs-137 bedeutet bei Erwachsenen eine zus. Strahlenexposition von ca. 1 mSv (1 Millisievert) (Quelle: BfS, www.bfs.de)

Radioaktive Belastung von Waldpilzen, Prof. Dr. Kurt Rauschnabel 19.11.2013, Pilzverein Heilbronn Seite 10

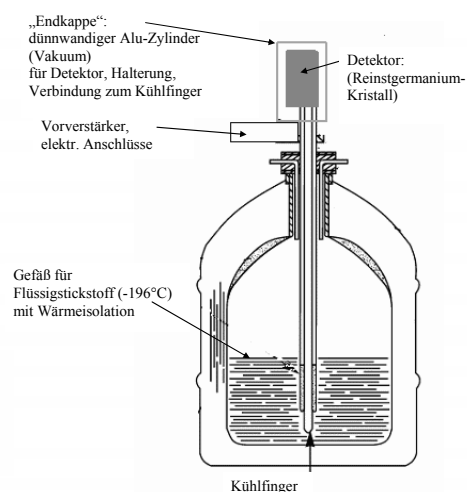


Wie misst man Cäsium-137 in Pilzen ?

- ▶ **NICHT** mit dem Geigerzähler!
 - ▶ Geigerzähler sind zu unempfindlich (Zählrohr ist klein und zählt nur 3% - 4 % von den Gammaquanten, die das Zählrohr treffen)
 - ▶ Kann nicht zwischen Strahlungsarten unterscheiden
 - ▶ Kann nichts über die Quelle (welcher Atomkern ?) aussagen.
- ▶ Methode der Wahl:
 - Gammastrahlenspektroskopie mit Halbleiterdetektoren**
 - ▶ relativ große Detektoren möglich (EURO!)
 - ▶ gute Nachweiswahrscheinlichkeit
 - ▶ Misst die Energie der Quanten, ergibt damit einen Fingerabdruck des radioaktiven Stoffes!
 - ▶ Durch gute Energiegenauigkeit können kleine Aktivitäten vom natürlichen Untergrund abgetrennt werden
 - ▶ Somit können wir noch Billionstel Gramm (pg) Cäsium aufspüren!

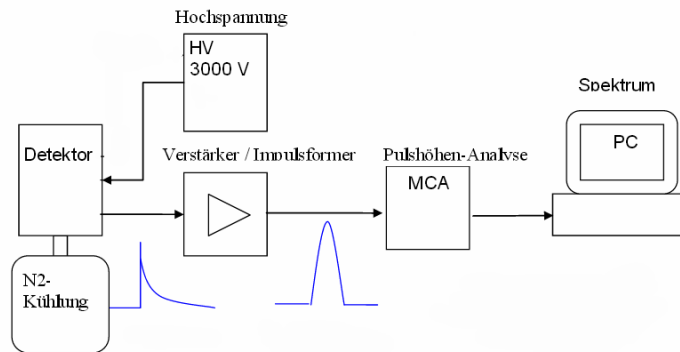
Gammastrahlenspektroskopie mit Halbleiterdetektoren

- ▶ Germaniumdetektor
 - ▶ elektrisches Signal, das von der Energie des Gammas abhängt
 - ▶ Detektor muss mit Flüssigstickstoff auf -196°C gekühlt werden
- ▶ Großer Dank an die Heilbronner Firma fsg, bei der wir LN2 tanken dürfen!



Gammaspektroskopie mit Halbleiterdetektoren

- ▶ Aufbau Gammaspektroskopie-Messplatz mit Germaniumdetektor
 - ▶ Von jedem Gamma wird die Energie gemessen (mit einer Genauigkeit von besser als $\pm 0,1\%$!) und in eine Strichliste (Spektrum) einsortiert



Untersuchung von Pilzen mittels Gammaspektroskopie an der HHN

- ▶ Wiegen der Pilzproben



Gammaspektroskopie-Messplatz der HHN

- ▶ Germaniumdetektor mit geöffneter Bleiabschirmung



Gammaspektroskopie-Messplatz der HHN

- ▶ Bleiabschirmung, Flüssigstickstoffbehälter und Flüssigstickstoff-Transportbehälter



Gammaskpektroskopie-Messplatz der HHN

- ▶ Geöffnete Bleiabschirmung mit gefülltem Probenbehälter (Ringschale, „Marinelli-Becher“) auf dem Detektor



Gammaskpektroskopie-Messplatz der HHN

- ▶ Messelektronik und PC





 HOCHSCHULE HEILBRONN


 TECHNIK WIRTSCHAFT INFORMATIK

Gammaspektroskopie-Messplatz der HHN

► Spektrum während der Messung auf dem PC-Bildschirm



Radioaktive Belastung von Waldpilzen, Prof. Dr. Kurt Rauschnabel
19.11.2013, Pilzverein Heilbronn
Seite 21

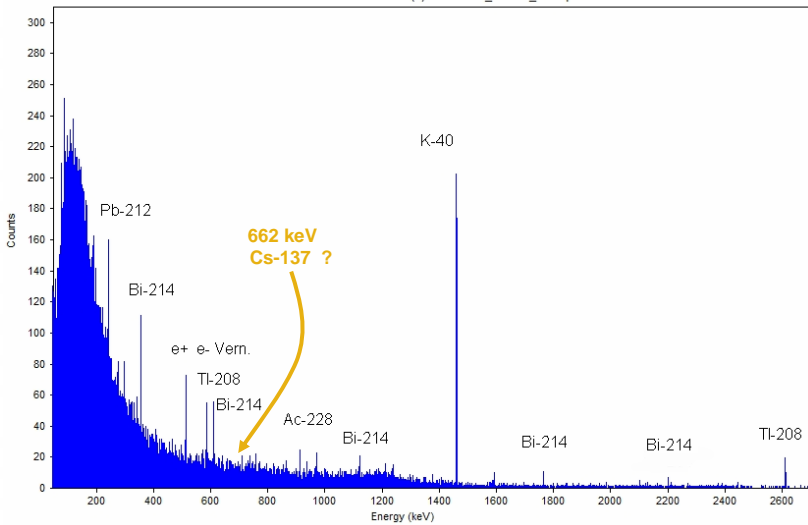


 HOCHSCHULE HEILBRONN

 TECHNIK WIRTSCHAFT INFORMATIK

Umgebungsstrahlung (gemessen mit offenem Deckel)

Real/Live Time = 13393/13380 (s), Nulleffekt_deckel_auf_Spc.



Radioaktive Belastung von Waldpilzen, Prof. Dr. Kurt Rauschnabel
19.11.2013, Pilzverein Heilbronn
Seite 22

FFN
HOCHSCHULE HEILBRONN
TECHNIK WIRTSCHAFT INFORMATIK

Umgebungsstrahlung (gemessen mit offenem Deckel)

Ausschnitt Cäsium-137 (661,7 keV) → kein Peak!

Radioaktive Belastung von Waldpilzen, Prof. Dr. Kurt Rauschnabel

19.11.2013, Pilzverein Heilbronn

Seite 23

FFN
HOCHSCHULE HEILBRONN
TECHNIK WIRTSCHAFT INFORMATIK

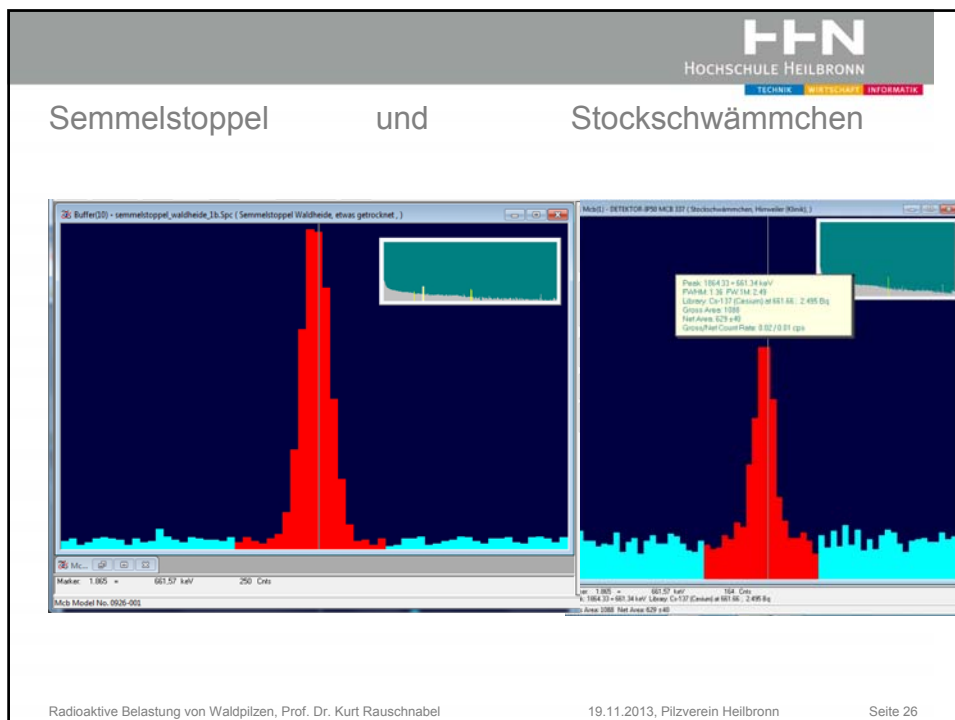
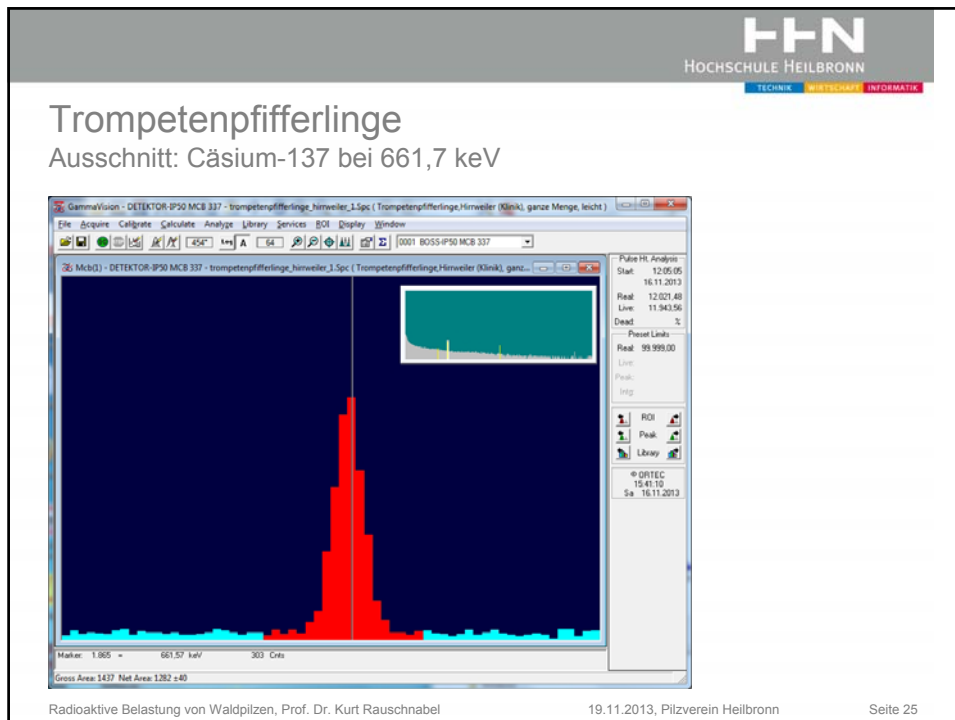
Trompetenfifferlinge

450 – 1400 keV, starker Peak, Cäsium-137 bei 661,7 keV

Radioaktive Belastung von Waldpilzen, Prof. Dr. Kurt Rauschnabel

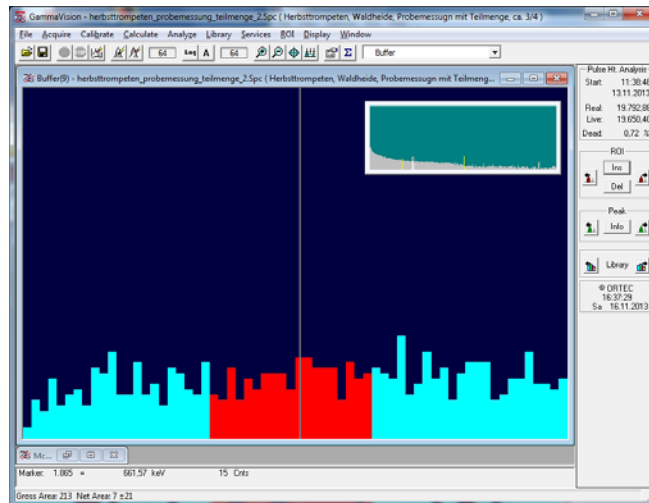
19.11.2013, Pilzverein Heilbronn

Seite 24



Herbsttrompeten

- ▶ keine Cs-137 Belastung nachweisbar!



Messergebnisse

Pilz	Fundort	Fund-datum	Masse kg	spezif. Akt. Bq/kg
Semmelstoppelpilze	Zaberfeld	4.11.2013	0,822	31 ± 2
Semmelstoppelpilze	HN, Waldheide	11.11.2013	1,040	24 ± 2
Stockschwämmchen	Hirrweiler (Klinik)	13.11.2013	0,568	4,4 ± 0,4
Trompetenpfifferling	Hirrweiler (Klinik)	13.11.2013	0,489	51 ± 3
Grubenlorchel (sattelf. Art)	HN, Rosenberg	13.11.2013	0,306	nicht nachweisbar
Krause Glucke	Zaberfeld	11.11.2013	0,165	nicht nachweisbar
Herbsttrompeten	HN, Waldheide	11.11.2013	0,205	nicht nachweisbar
Vergl.: Pfifferlinge (Supermarkt)	"Weissrussland" (?)	Sept. 2012	0,400	41 ± 3

Messung der Cäsium-137 Belastung von Pilzen aus dem Raum Heilbronn, November 2013

- ▶ Cäsium-137 vom Reaktorunglück Tschernobyl auch nach 27 Jahren noch nachweisbar!
- ▶ Aktivitäten bei Speisepilzen im Raum Heilbronn alle weniger als 10% des EU-Grenzwerts von 600 Bq/kg
 - ▶ Zum Vergleich
Vom BfS veröffentlichte Maximalwerte aus Bayern (2009-2011):
Trompetenpfifferling 3400 Bq/kg,
Semmelstoppel 2100 Bq/kg
- ▶ Aktivität hängt stark von der Pilzart ab
 - ▶ **Trompetenpfifferlinge** haben größte Belastung mit 51 Bq/kg
(sogar mehr als im Supermarkt gekaufte Weissrussische Pfifferlinge!)
 - ▶ **Stockschwämmchen** nur ganz wenig belastet (ca. 4 Bq/kg)
 - ▶ **Herbsttrompeten** sind nicht belastet

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

- ▶ Danke an Ulrich Fischer vom Pilzverein Heilbronn und an seine fleißigen Sammler(-innen), die die Proben zur Verfügung gestellt haben !

- ▶ Gibt es noch Fragen ?

Prof. Dr. Kurt Rauschnabel
Hochschule Heilbronn
Studiengang Mechatronik und Mikrosystemtechnik
und Institut für mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagen
Mail: Kurt.Rauschnabel@hs-heilbronn.de