



DRESDEN, Germany

Dipl. Phys. Christian Bartzsch

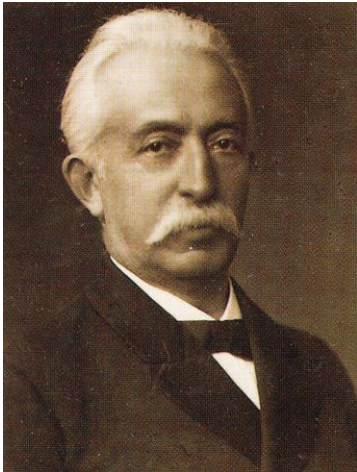
Radon-Messtechnik

München, Juli 2017

Content

- Physik von Radon
- Überblick der Radontechniken
- Messtechnische Grenzen
- Radonmessungen mit aktiven Geräten (Pro and Conta)
- Beispiele von typischen Anwendungen
- Zusammenfassung

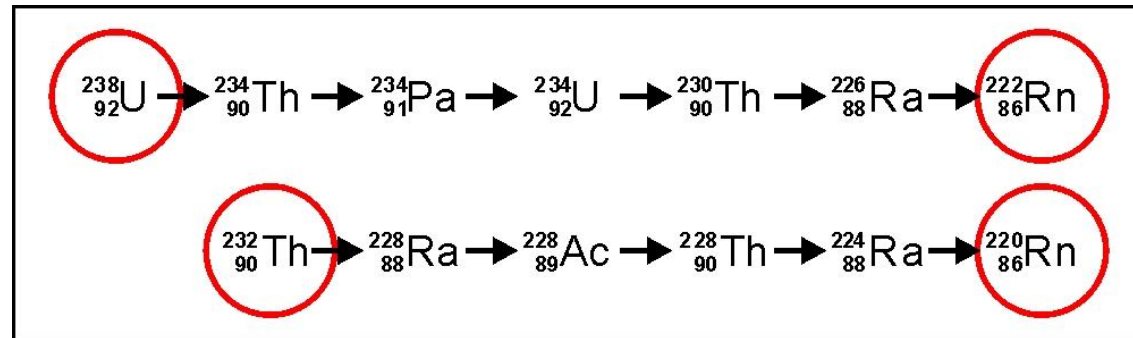
Ursprung vom Radon



Entdeckt im Jahre
1900 von F. Dorn

Inert,
farblos,
geruchslos,
radioaktiv
seltenes gas.

30 verschiedene Isotope, nur zwei erreichen nicht vernachlässigbare Konzentrationen in der Atmosphäre



Keine chemische Bindung

Keine Oberflächenbindung (Adsorbierung,
Radonadsorption an Holzkohle)

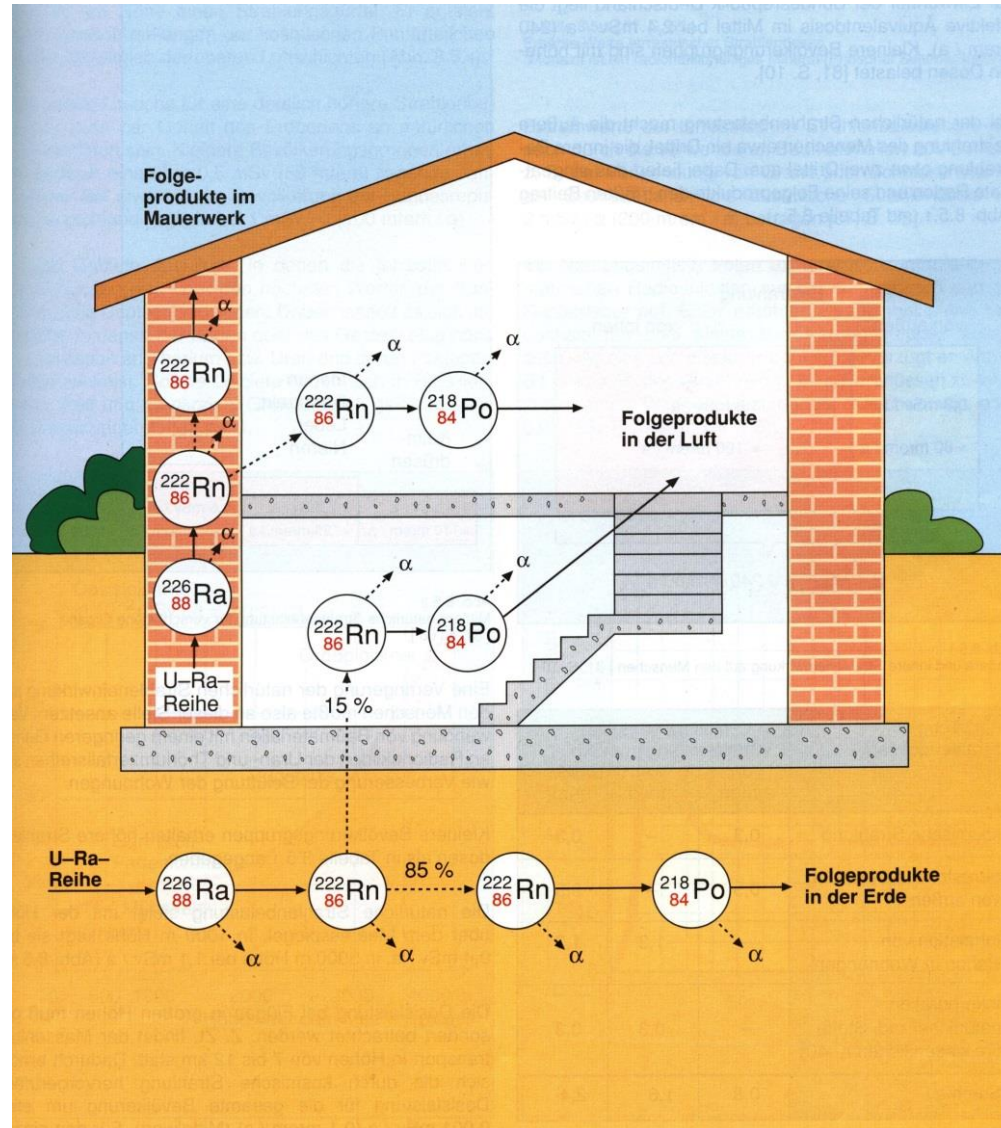
kann von Feststoffen ausgehen

Diffundiert durch viele Materialien

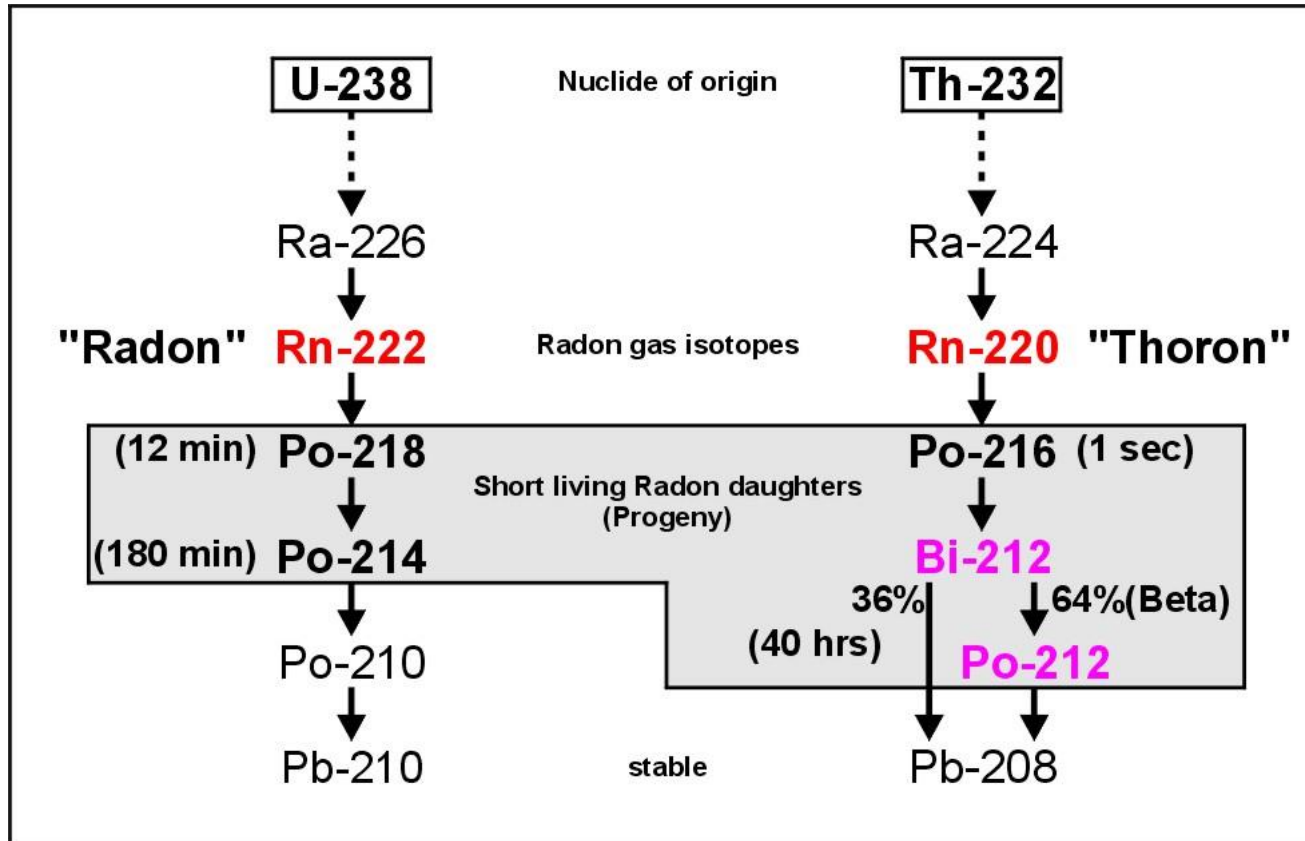
schnelle Zerstreuung in der Luft

Erzeugt eine Reihe von radioaktiven
Zerfallsprodukten, welche alle von ihnen
Schwermetalle sind

Zerfallsreihe von Radon-Isotopen

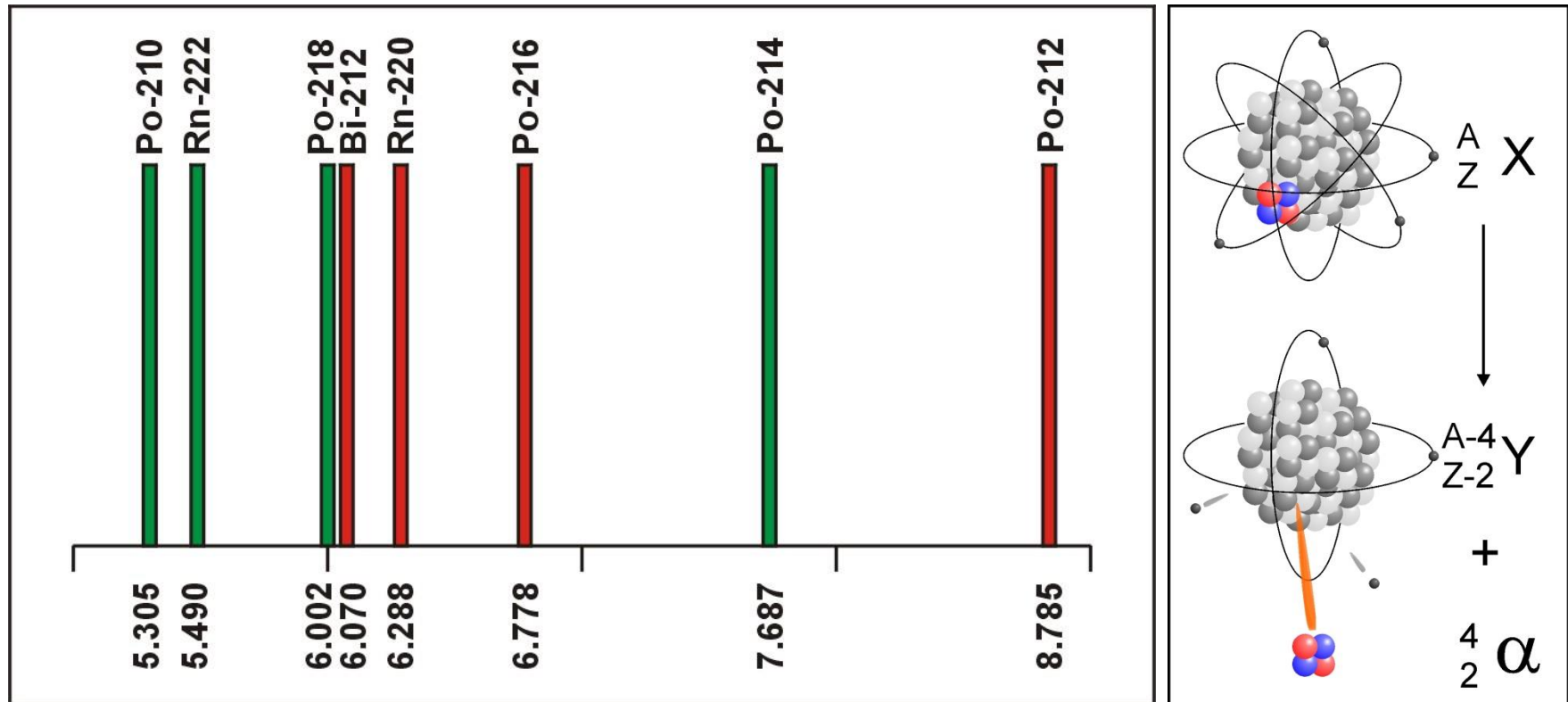


Zerfallsreihe von Radon-Isotopen



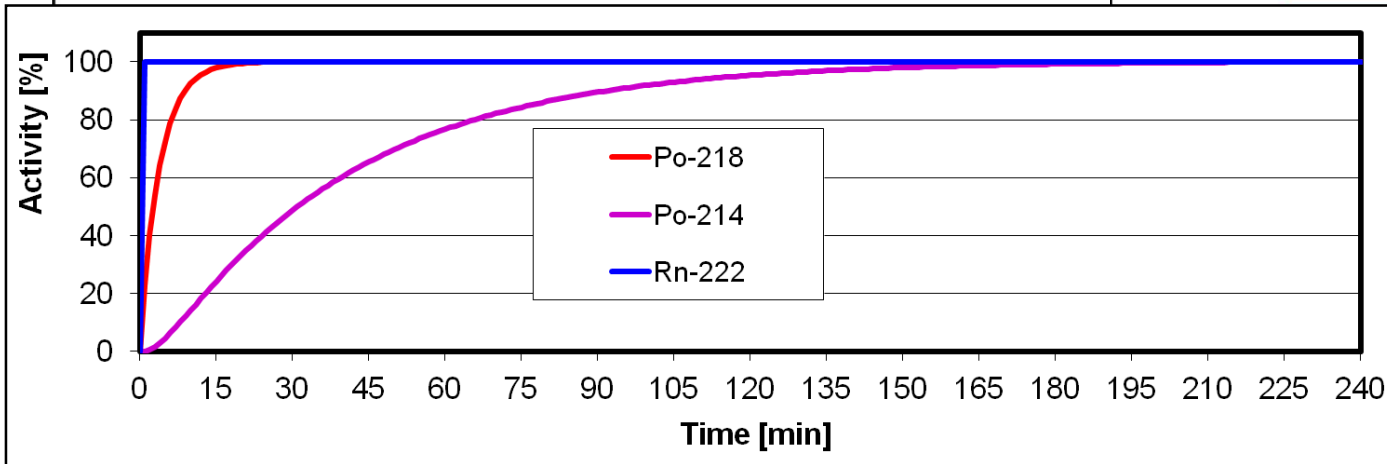
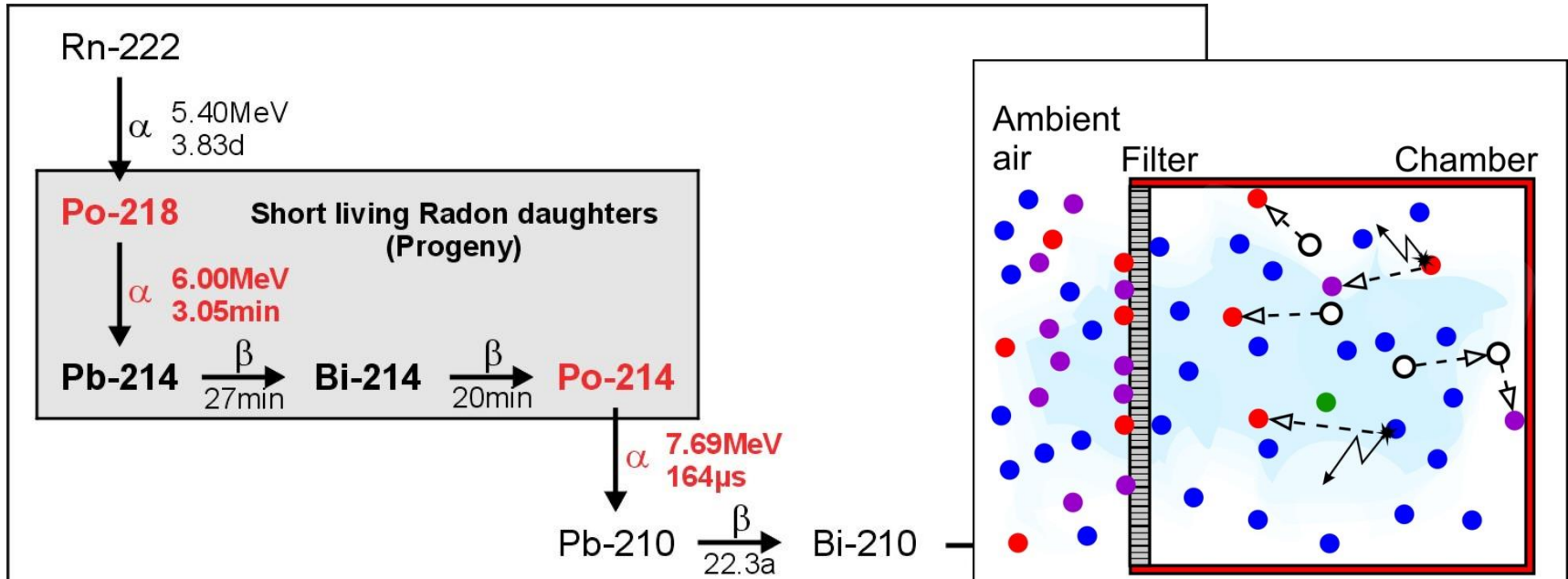
Alle gängigen Verfahren beruhen auf Detektion von Alpha-Strahlungen, die von Radon und deren kurzlebigen Folgeprodukte ausgesendet werden.

Emissionsenergien von Radon & Radonfolgeprodukte



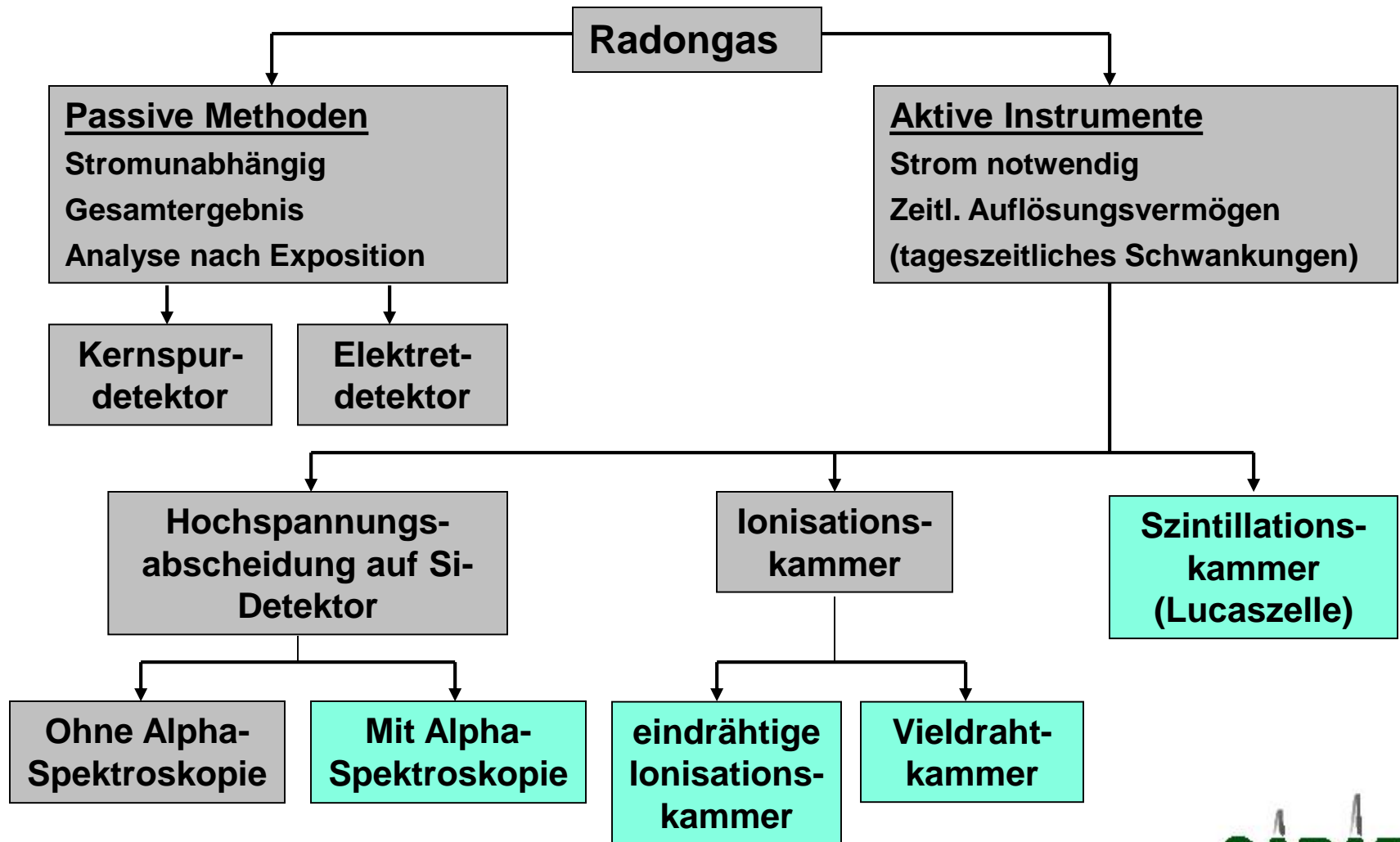
Emissionsenergie = kinetische Energie vom emittierenden He-Kern
(Austrittsgeschwindigkeit)

Gleichgewichtsaktivität in der Kammer



- Rn-222
- Po-218
- Po-214

Gängige Radonmesstechniken



Aktive Geräte

Vorteile

(für die meisten Geräte auf dem Markt)

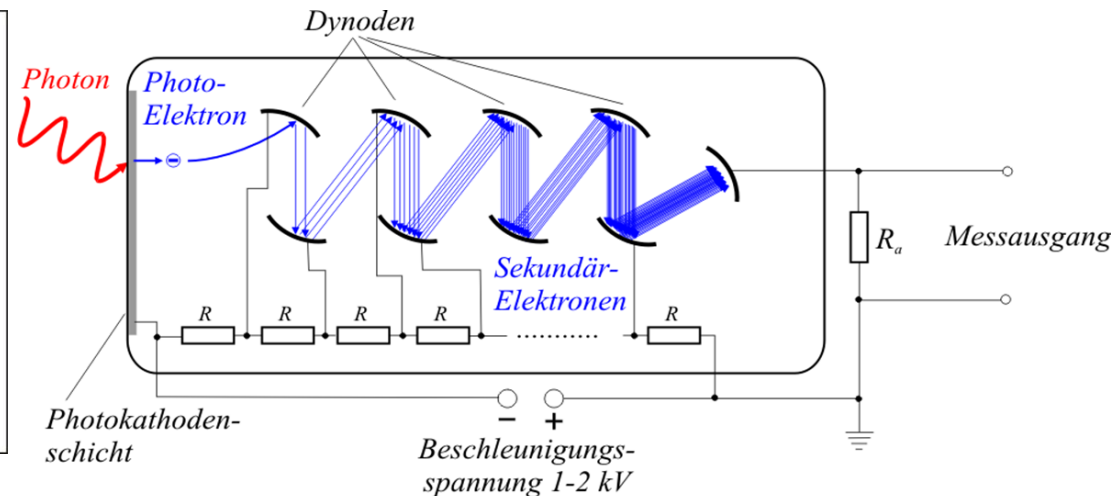
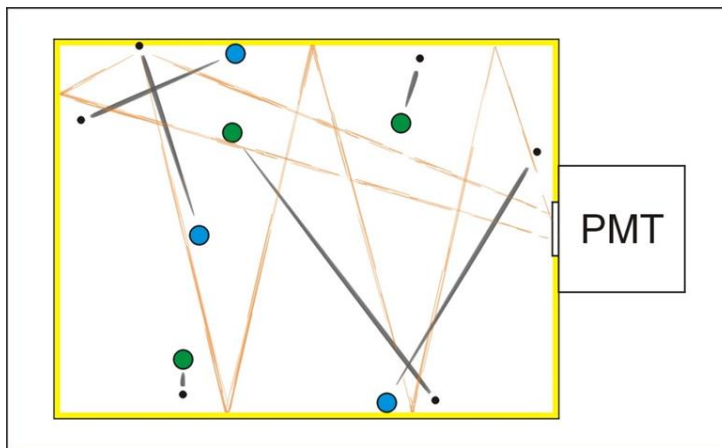
- + Abschätzung von Radonkonzentrationen in kurzen Zeiträumen
- + Lüfungsverhalten sichtbar
- + Zusätzliche Informationen durch weitere Sensoren (z.B. T, rH, baro. Luftdruck)
- + integrierter Datenspeicher
- + Software zur Gerätesteuerung und Datenpräsentation
- + meist einfache Anwendungen

Nachteile

- Meist teurer als passive Methoden
- Nicht geeignet für Daueranwendung (Stromversorgung)
- Geschultes Personal notwendig

Lukaszelle (Szintillationszelle)

- Szintillationskammern in ihrem Inneren mit einer fluoreszenzfähigen Schicht
- Wechselwirkung zwischen Alphastrahlung und Szintillator (ZnS) erzeugen Lichtblitze
- Szintillation (Lichtblitze) in elektrische Pulsformen umgewandelt mit Hilfe eines Photovervielfacher

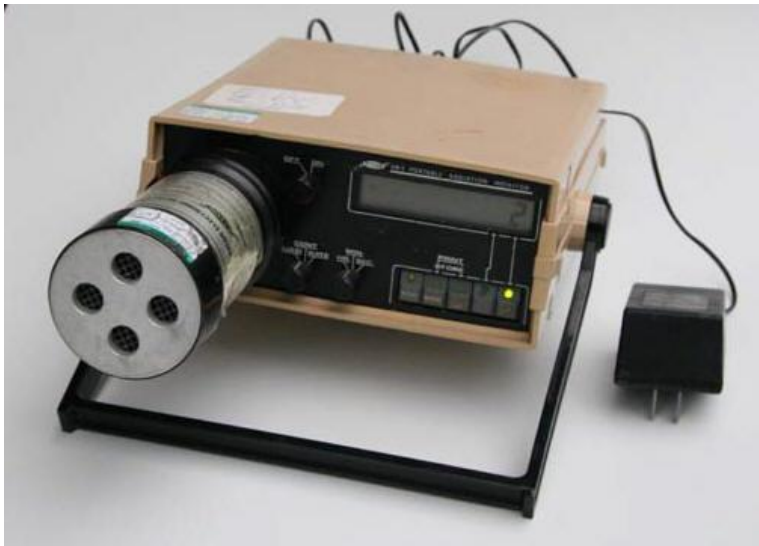


Lucas-Zellen

- + Hohe Sensitivität: Radonfolgeprodukte mit mehr als 80% erfasst
 - + geringe Querempfindlichkeit gegen Gamma-/Betastrahlung
 - + Detektionsprinzip ist unabhängig vom Ionisationsprozess
 - + schnelle Impulsformung → bis hin zu mehreren MBq
 - + Feuchtigkeitsunabhängig
-
- Alphateilchen legen unterschiedliche Weglängen zurück und verlieren dabei einen Teil ihrer Energie
 - starker Thoroneinfluss
 - Einfluss von barometrischen Luftdruck



Beispiel – Lucas Zelle



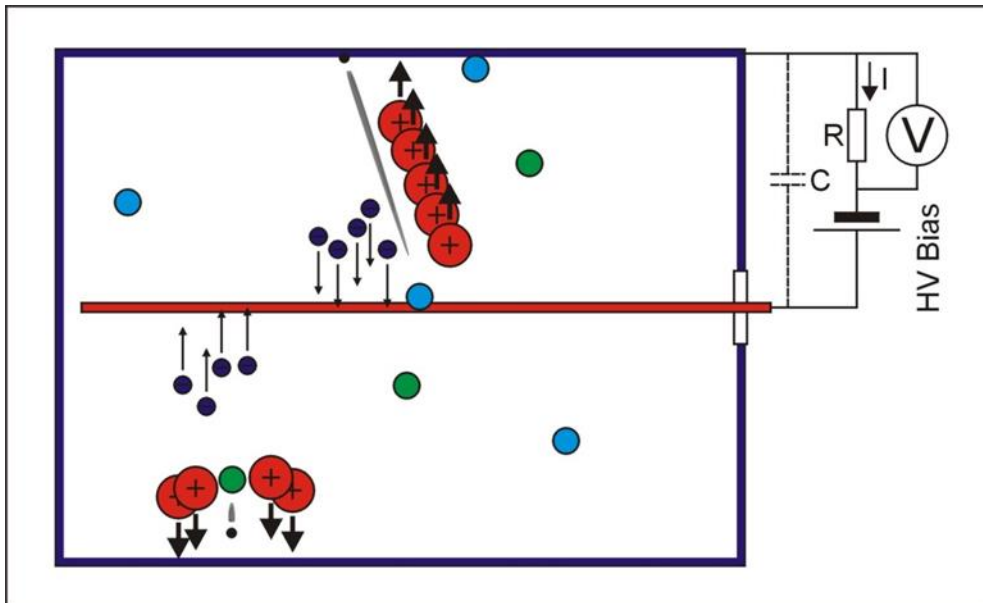
Pylon AB5
Pylon, Canada



Radon Scout PMT
SARAD, Germany

Ionisationskammer

- Elektrisches Feld zwischen den Polen
- Nur primär von ion. Strahlung erzeugter Ladungsträger werden gesammelt
- Pumpbetrieb oder Diffusionsbetrieb durch einen Filter in die Kammer
- Luftionisation durch Zerfallsreihe von Radon und deren Folgeprodukte
- Spannungspulse werden erkannt
- Durch unterschiedliche Pulshöhen können Counts der Alpha-Zerfallprodukte separiert werden



Ionisationskammer

- + Hohe Sensitivität: Rn-222/Rn220 zu 100%, Folgeprodukte zu 50% (collection on electrodes)
- + über ausgedehnten Konzentrationsbereich zuverlässige Ergebnisse
- Messen von sehr kleinen Strömen
- Ladungsträgerverluste durch Pile-up Effekte und Rekombination
- Impulsbetrieb nur bei geringen Konzentrationen / für hohe Konzentrationen mit Strombetrieb
- Starker Thoroneinfluss
- Kontamination des Po-210 Untergrundes



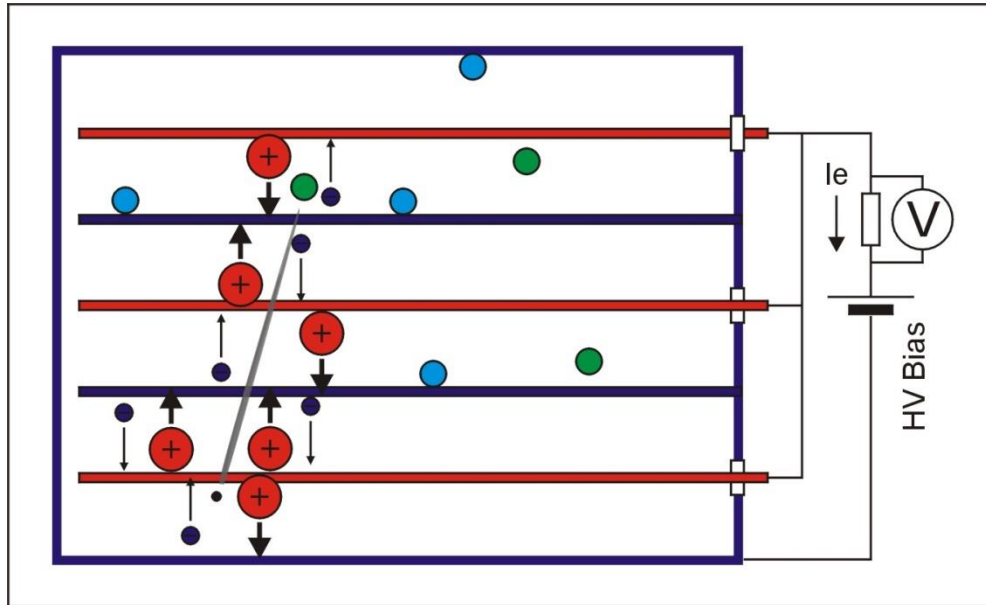
Beispiel- Ionisationskammer



Alphaguard
Genitron/Saphymo, France

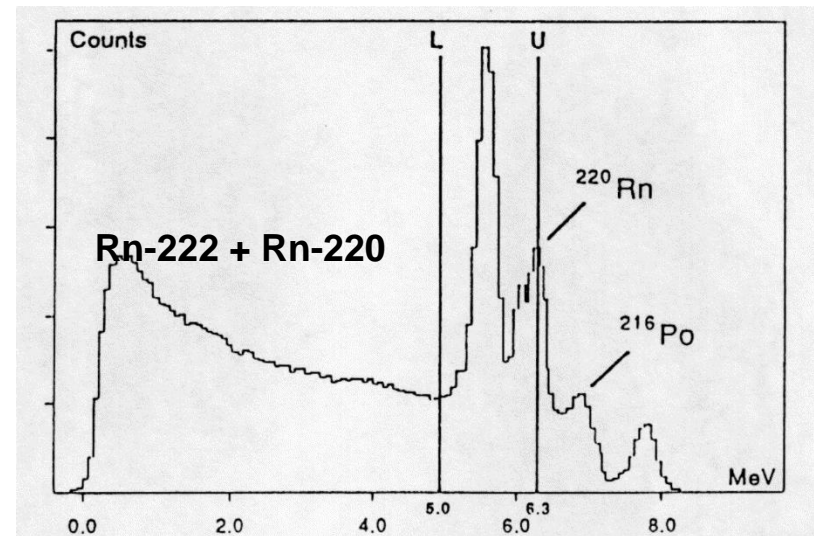
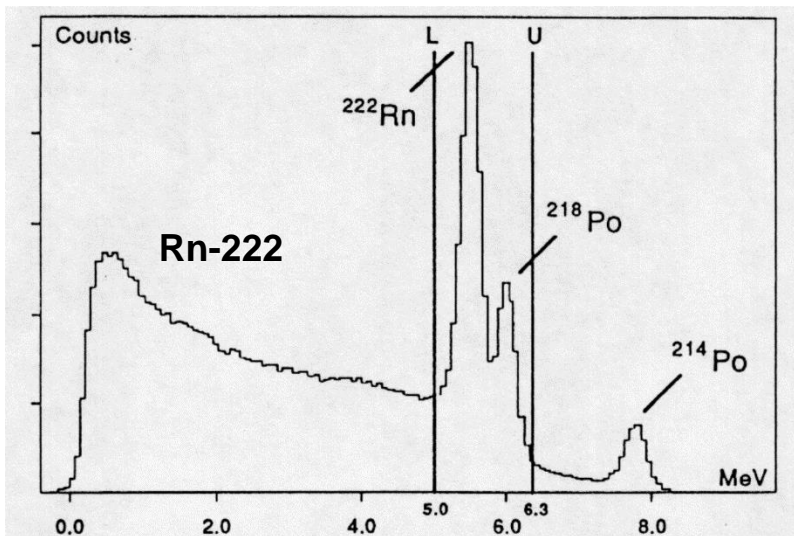


Vieldrahtionisationskammer



- + Mit Vieldrahtelektroden kann elektrisches Feld in der Kammer verändert werden.
- + Schnelle Ionensammlung aufgrund kleiner Distanzen zwischen Elektroden -> Pulsbetrieb möglich bis hin zu mehreren kBq/m³-Bereich
- Querempfindlichkeit gegenüber Gamma-/Betastrahlung
- Empfindlich gegenüber mechanischen Stößen und Vibrationen

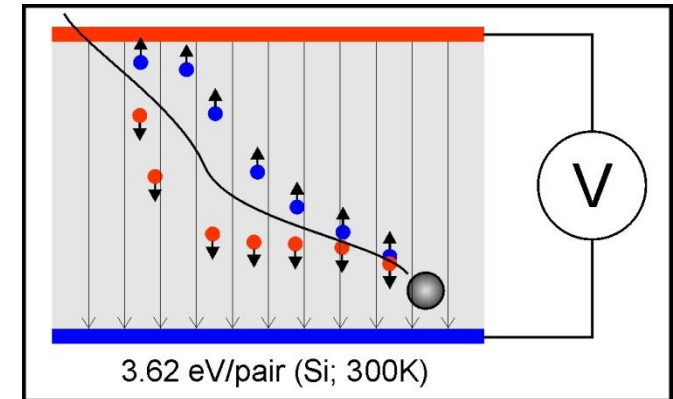
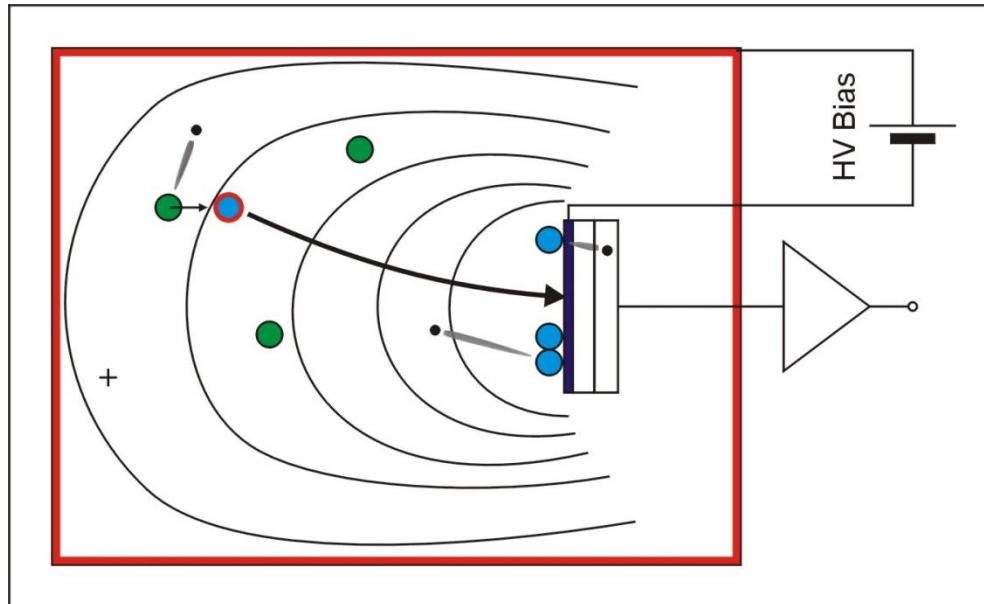
Spektrum einer Vieldrahtionisationskammer



Spectra: Atmos 12DPX (Manual)

ATMOS 12 DPX
Gammadata, Sweden

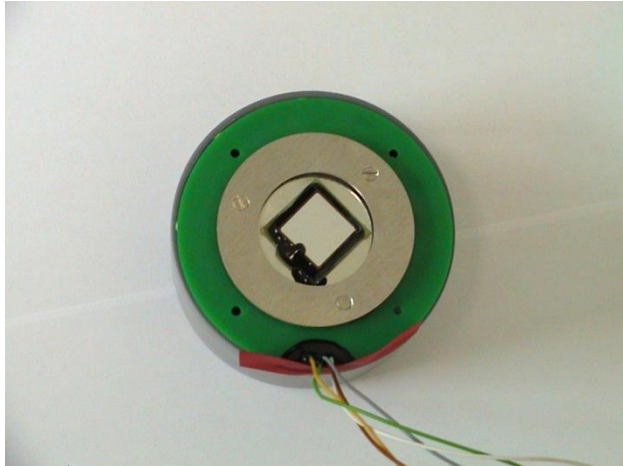
Hochspannungsabscheidung mit Si-Detektor



charge production inside
silicon detector

- Radon-/Thorongas nicht in Messung eingeschlossen, Signal zu 50% von Folgeprodukten
- Geringere relative Empfindlichkeit gegenüber Lucas Zelle und Ionisationskammer
- + hohe spektroskopische Auflösung (Separierung von allen Radon-/Thoron-Folgeprodukte)
- + sehr schnelle Pulserzeugung → spektroskopische Auswertung bis hin zu mehreren MBq/m³
- + Qualitätssicherung durch Dokumentation des Spektrums aus Messdaten

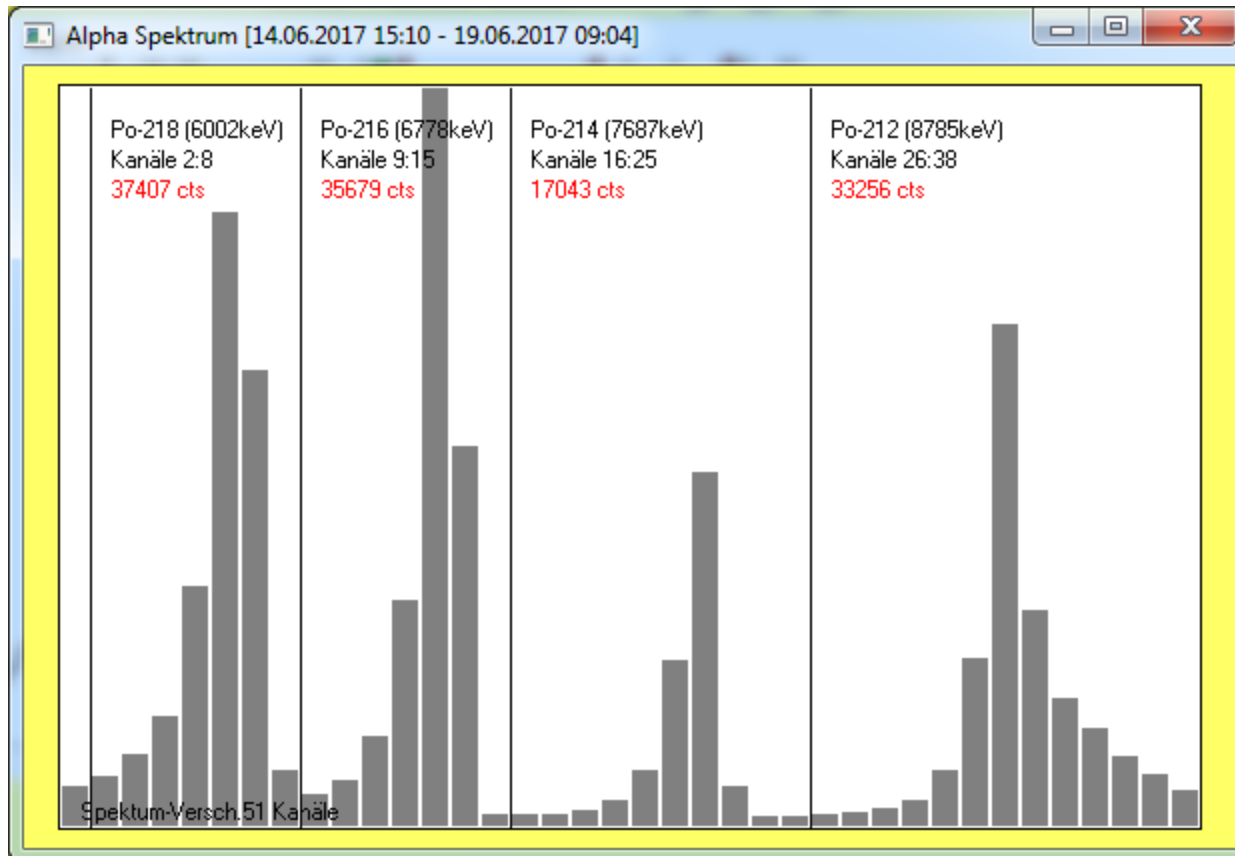
Montage der Messkammer



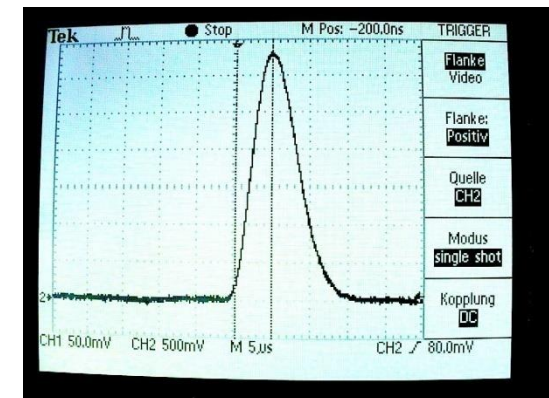
Radon Scout
SARAD, Germany

Messkammer mit Hochspannungsanreicherung und Halbleiterdetektor

Alphaspektrum vom Siliziumdetektor

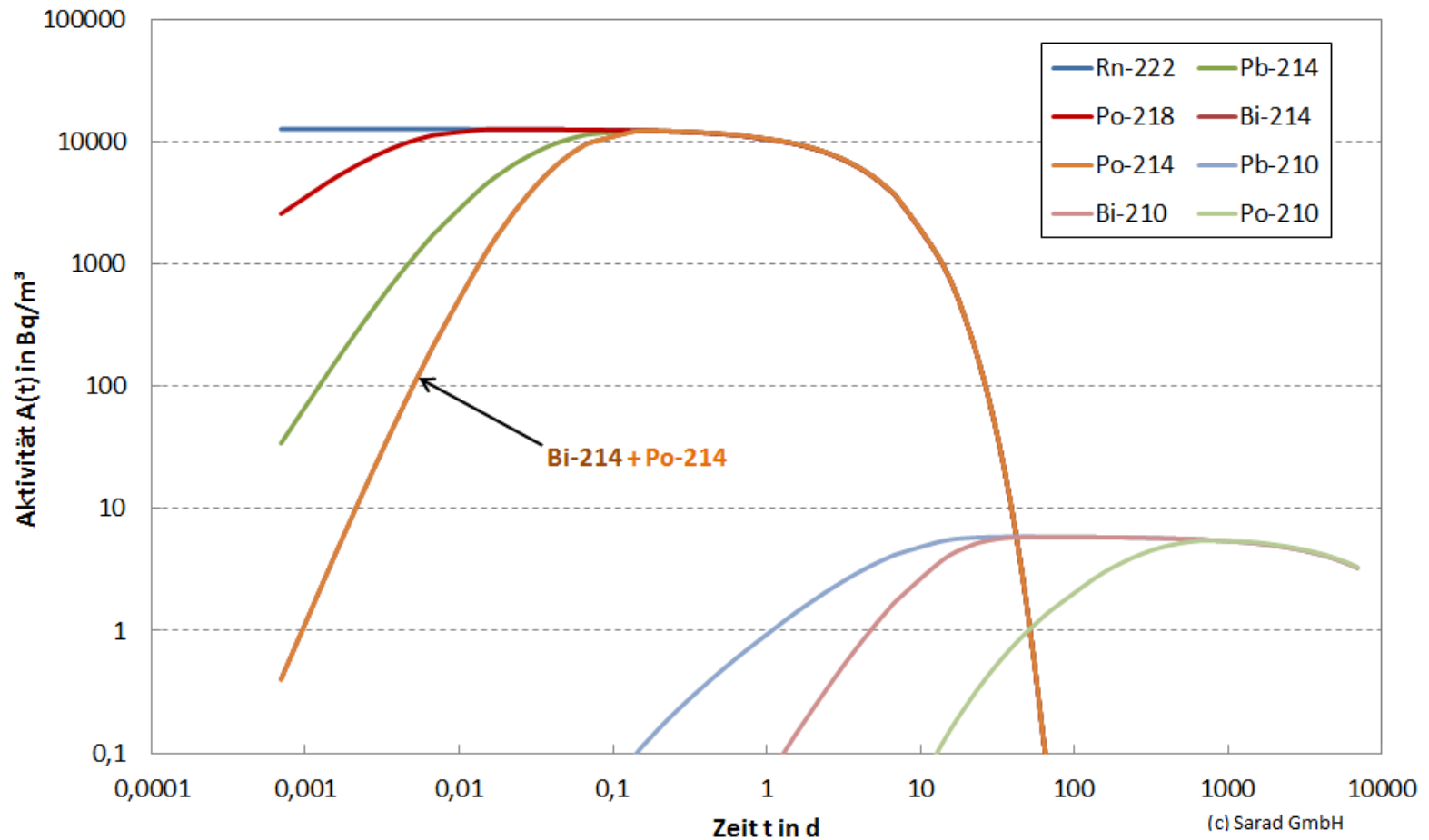


Spektrum RTM1688



Problem Po-210 Untergrund

Untergrundabschätzung Po-210 bei Radonmesstechnik



Beispiele - Alphaspektroskopie



RTM2200
SARAD, Germany



DOSEman
SARAD, Germany



RTM1688-2
SARAD, Germany



RAD7
Durrige, USA

Grenzen

Die Nachweisgrenze der Rn-222-Aktivitätskonzentration hängt ab vom

- Messkammervolumen
- Nachweiswahrscheinlichkeit / Sensitivität
- Elektronische Verarbeitung von hohen Impulsraten
- Datenspeicher

Radonmessungen (typische Anwendungen)

Strahlenschutz

Radon in Häuser

- Radonrisikoabschätzung
- Baugrunderkundung

Radon auf Arbeitsplätzen

- Bergbauindustrie
- Wasserversorger
- Ölindustrie
- unterirdische Arbeitsstätte (Tunnel, Höhlen etc.)

Geologische Anwendungen

Geologische Untersuchungen

- geologische Studien
- Uran-Prospektion
- Geothermie

Große Anzahl an Datenpunkten → kurze Abtastzeiten, rauhe Bedingungen, GIS Verbindung

Vorboten der Katastrophen

- Erdbebenvorhersage
 - Vulkanbeobachtungen
- Langzeitmessungen, rauhe Bedingungen, fehlende Infrastruktur

Erkennung von Verschmutzung

Radon Störungen

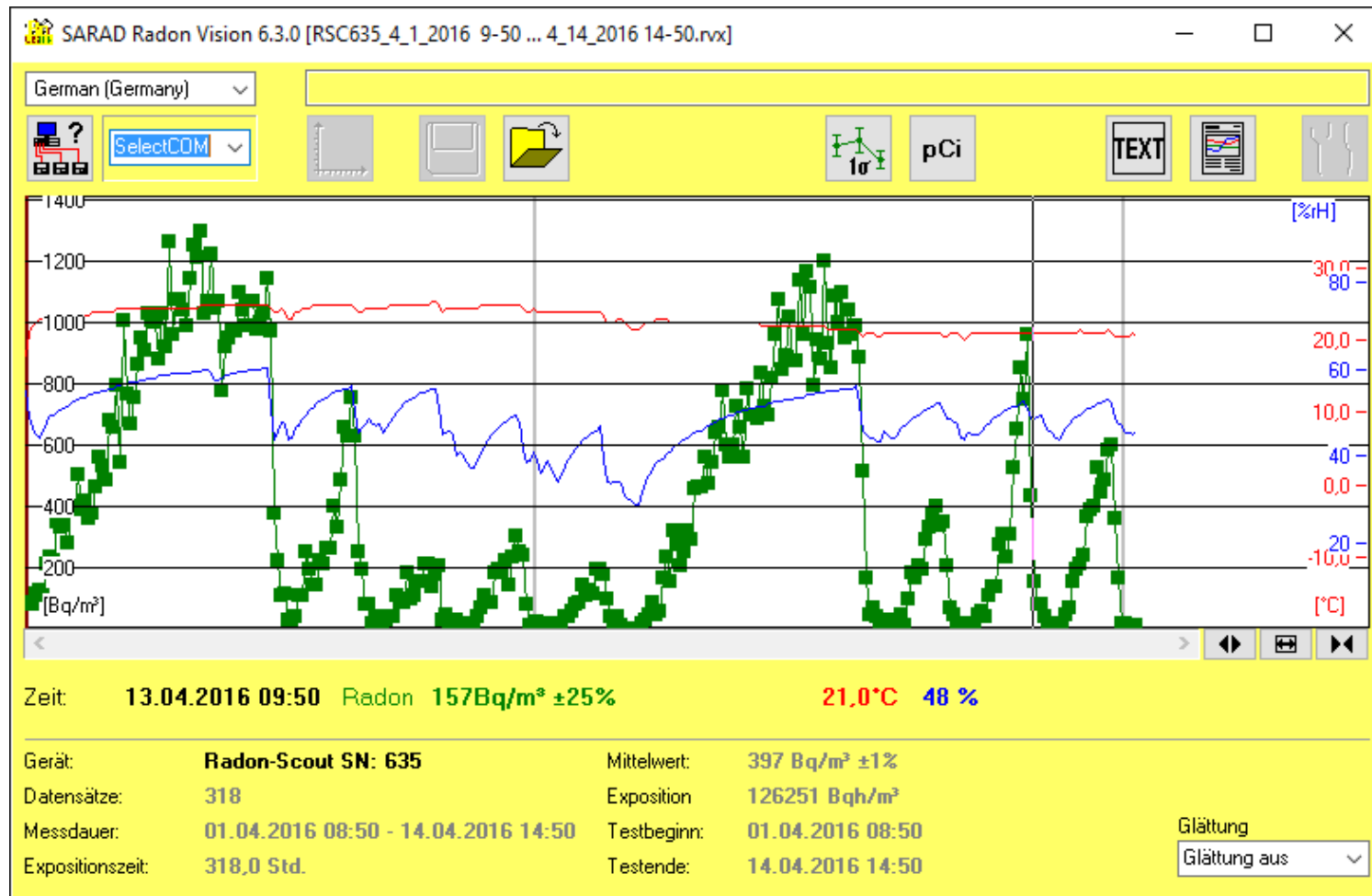
Meteorologischen Untersuchungen (Zeitreihenanalyse)

Low background radiation experiments

Messungen der Radonkonzentration in der Innenluft

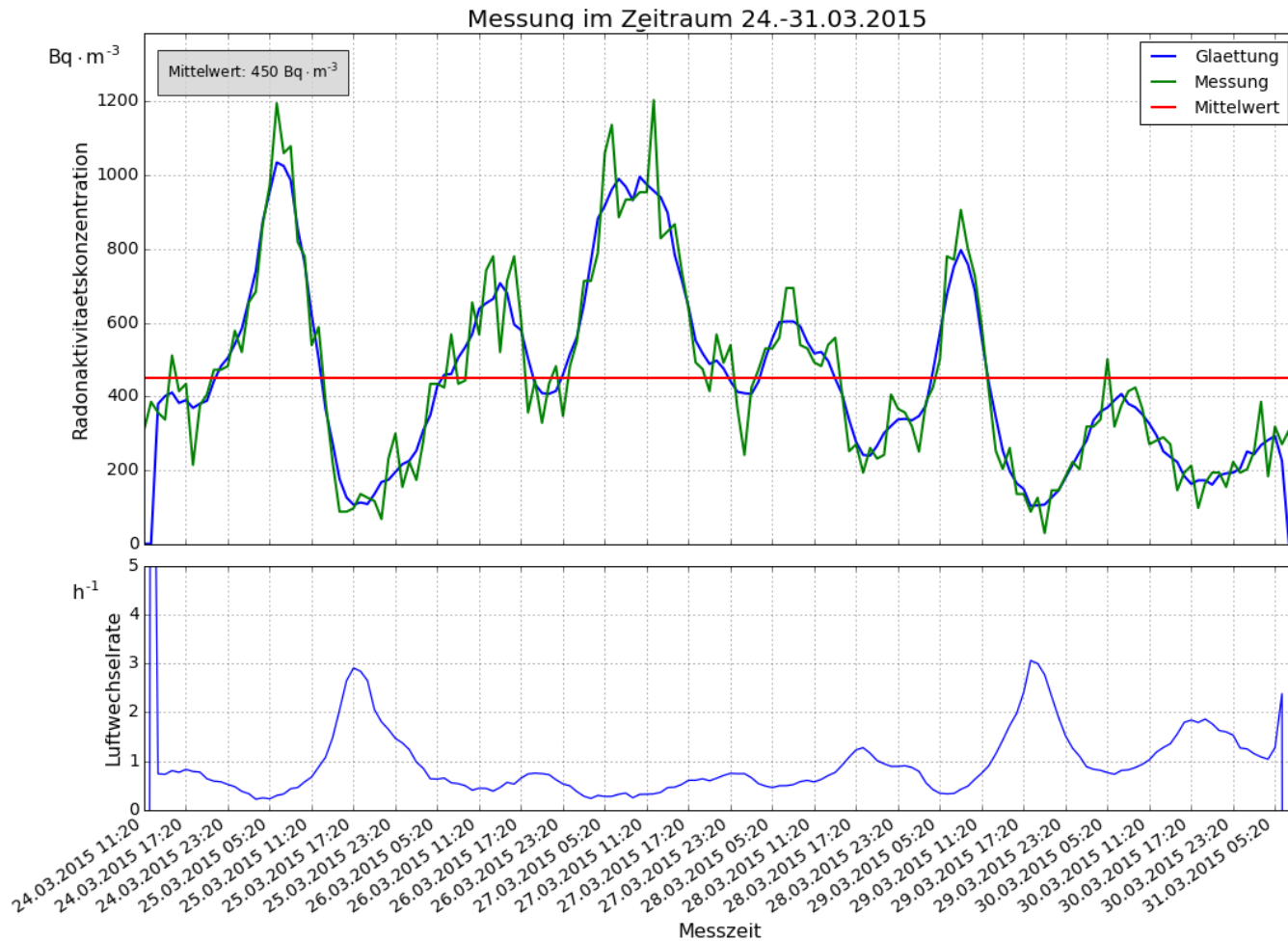


Messungen der Radonkonzentration in der Innenluft

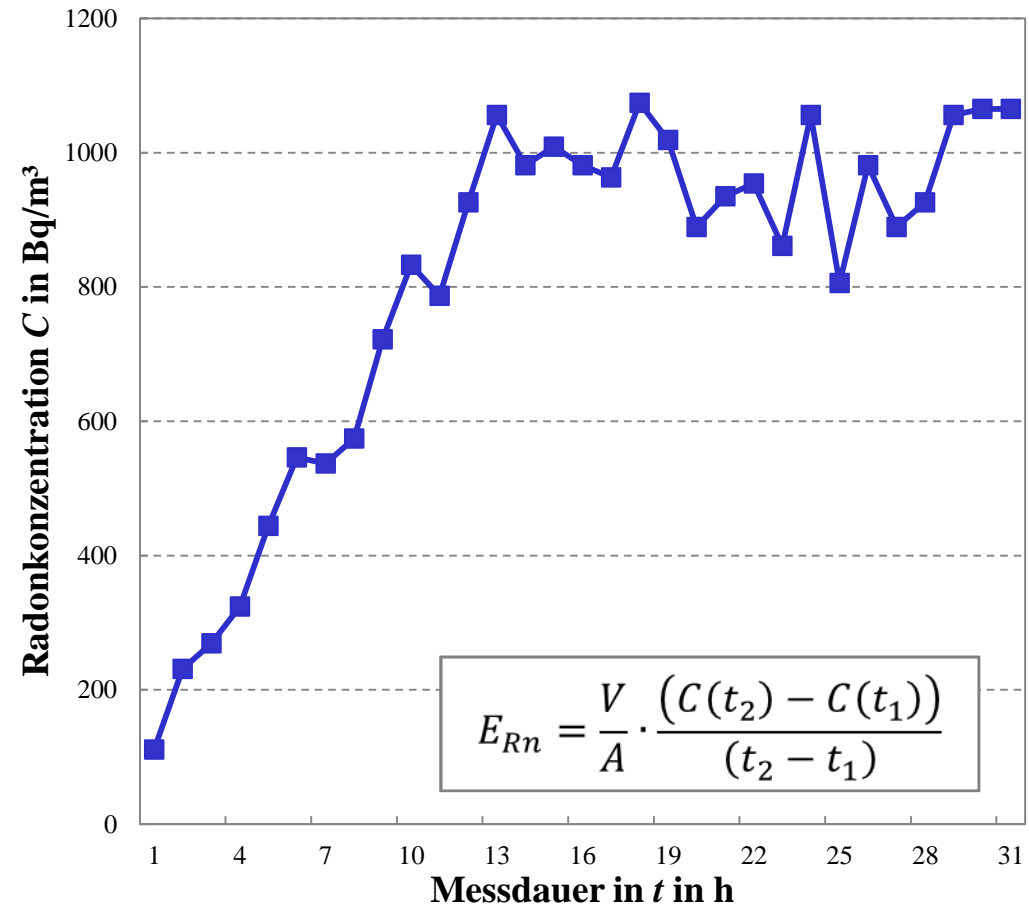
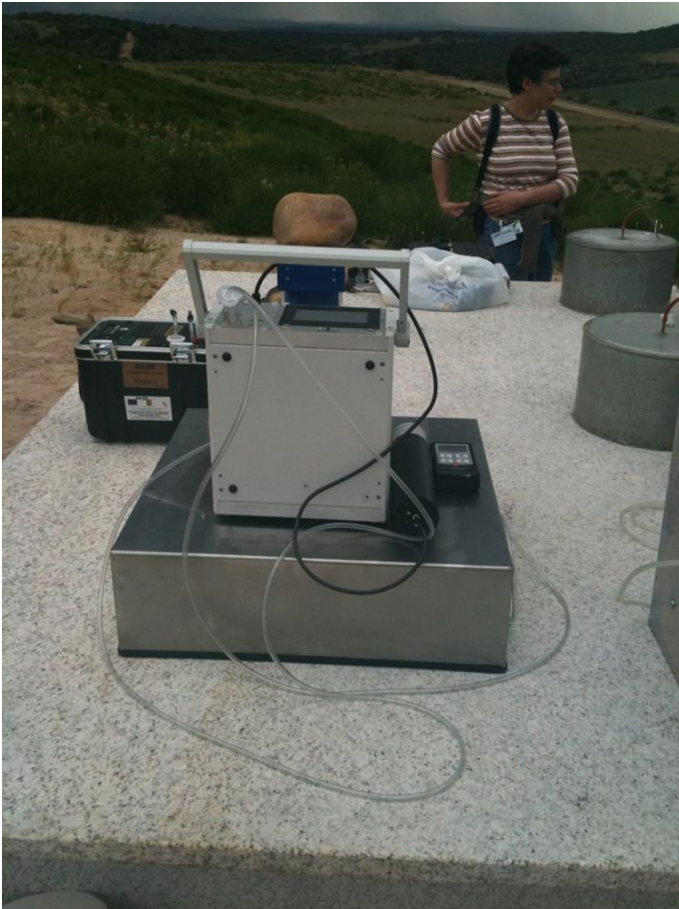


Radonkonzentration unterliegt Schwankungen, Situation lässt sich nicht allein mit einem mittleren Konzentrationswert charakterisieren

Bestimmung der Luftwechselrate aus Änderung der Radonkonzentration durch Lüftungsverhalten

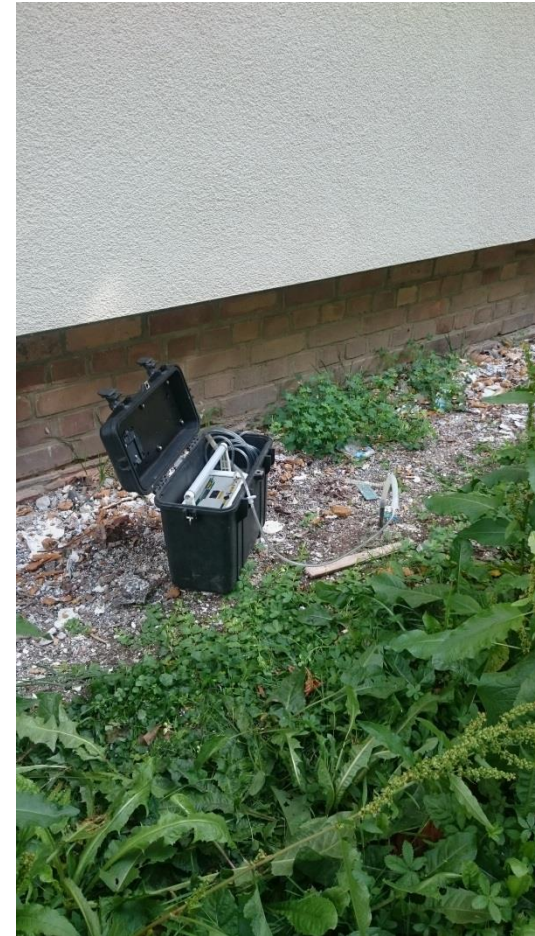
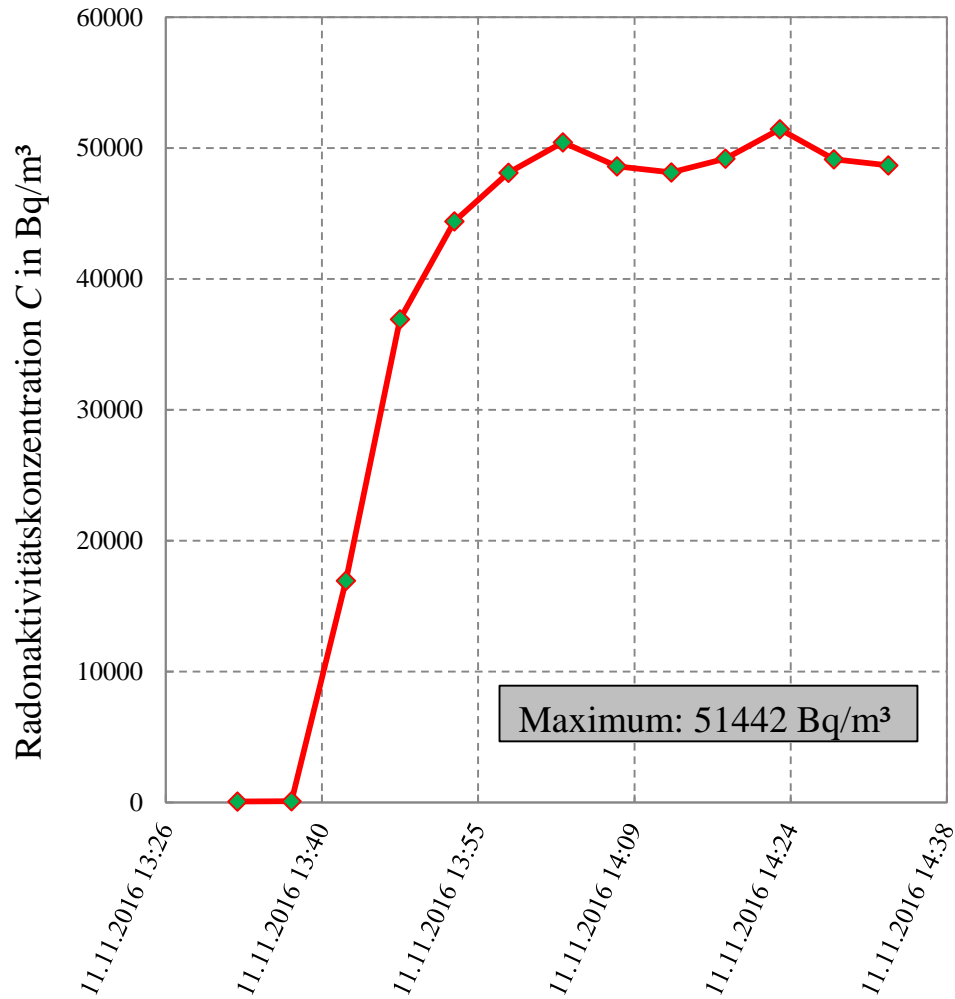


Messung von Radonexhalation



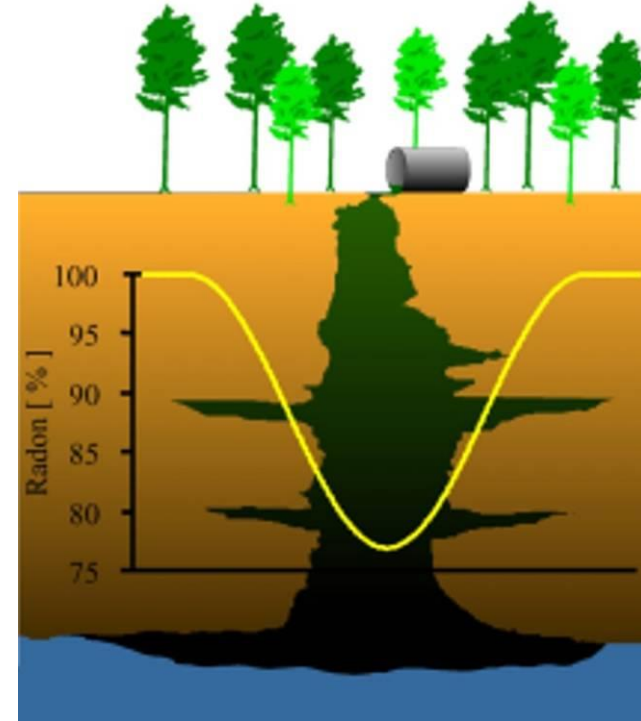
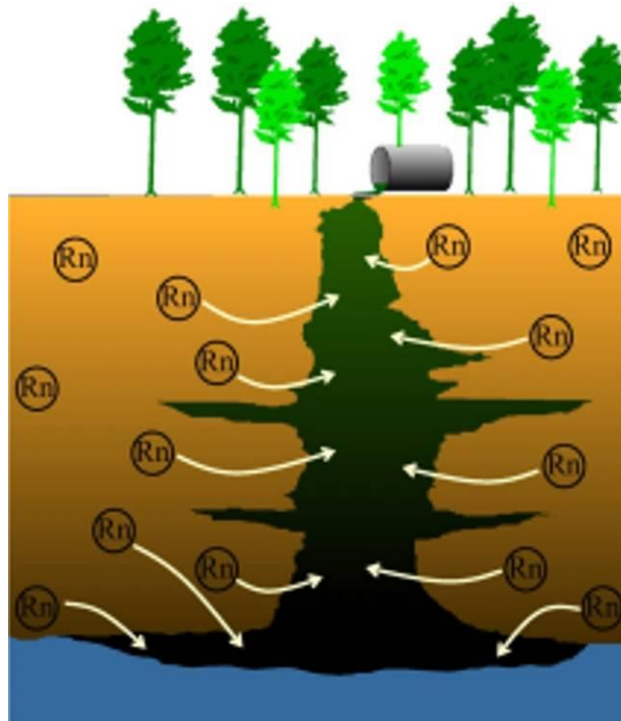
Radonfluss durch die Grenzfläche der exhaliierenden Oberfläche zur Atmosphäre in aufgesetzter Anreicherungsbox bestimmt.

Messung von Radon im Bodengas



Nachweis von Verschmutzung

Hohe Radon-Löslichkeit in Mineralölkohlenwasserstoff

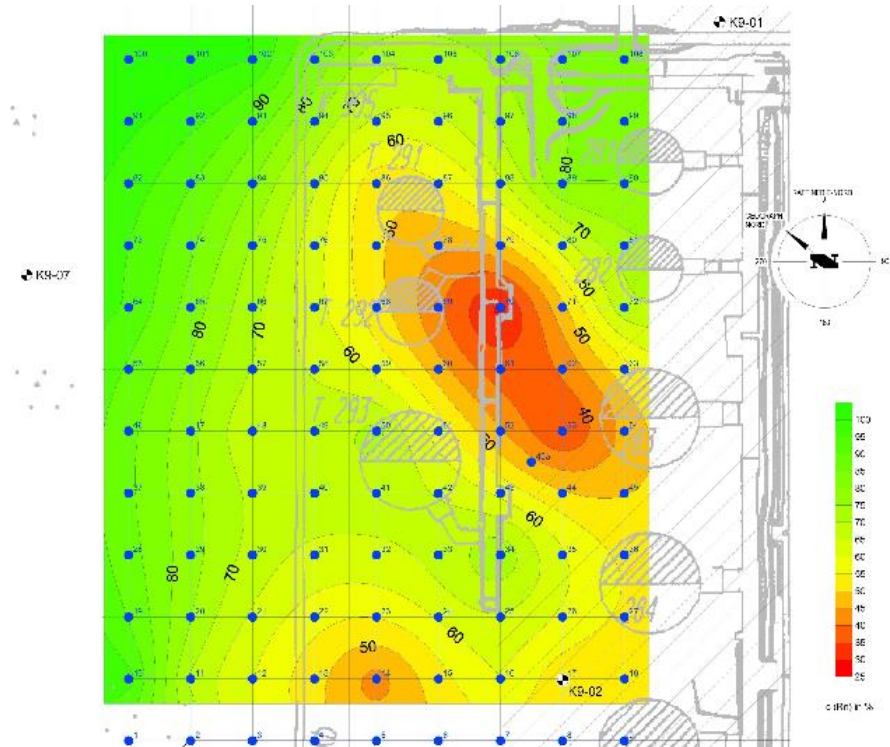


GICON[®]

Großmann Ingenieur Consult GmbH

Örtliche Konzentrationsminima von Radon im Vergleich zu den natürlichen Hintergrundgehalten geben Hinweise auf die Anwesenheit von Schadstoffen.

Fremdstoff-Erkennung (kont.)

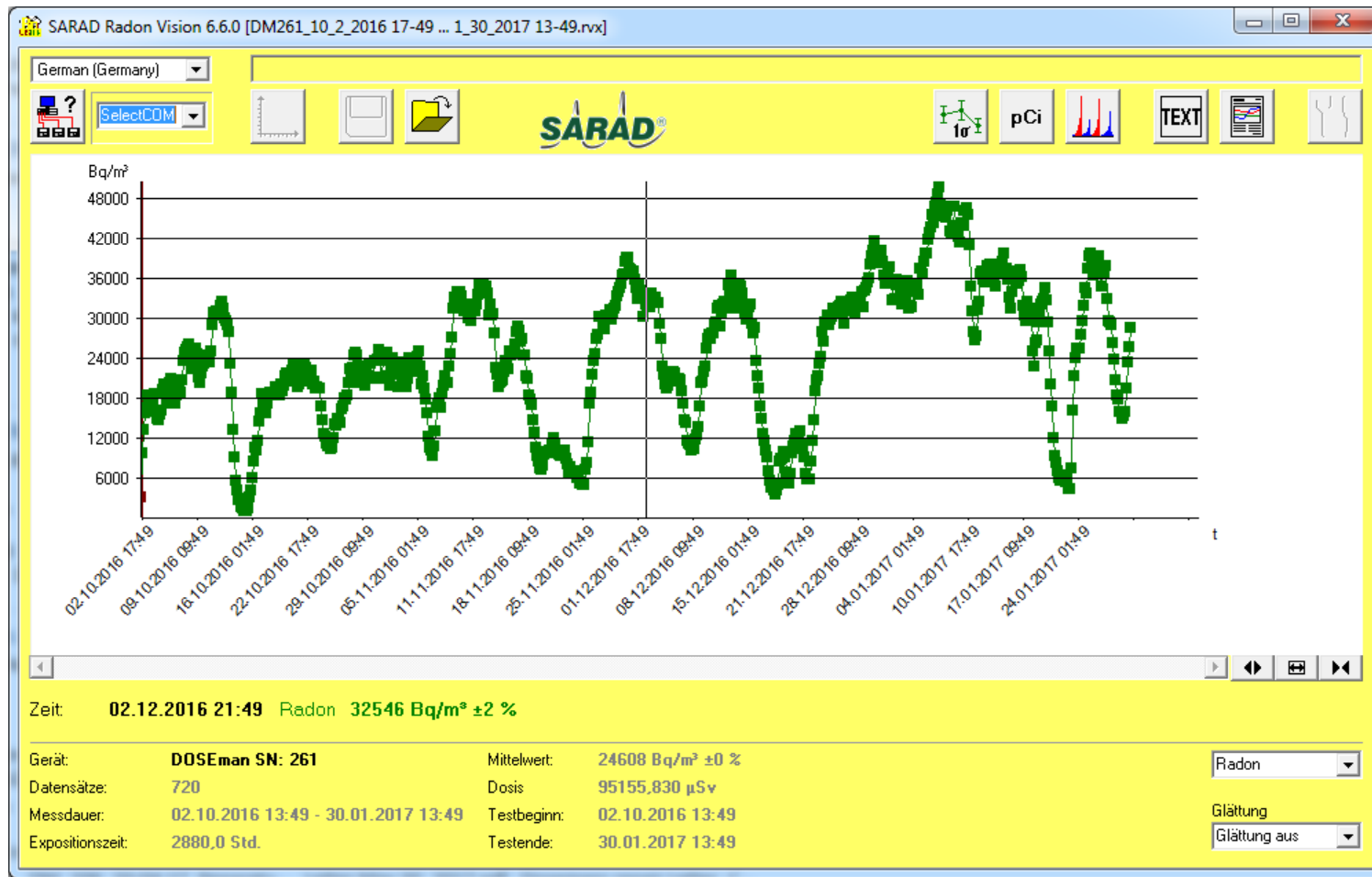


GICON®
Großmann Ingenieur Consult GmbH

Erdbebenvorhersage & Vulkanforschung



Erdbebenvorhersage & Vulkanforschung



Prävention gegen Radon-Eintritt



Zusammenfassung

Diese Gedanken sind allgemein gültig!

As many instruments you have, as many results you will get – es ist eine Frage Ihrer Toleranz

Es gibt keine guten oder falschen Messprinzipien - Wählen Sie das Gerät immer in Bezug auf Ihre Bedingungen und Anforderungen

Sich mit dem Messprinzip vertraut machen – führen Sie Testmessungen unter unterschiedlichen Bedingungen durch, um Zusammenhänge zu erkennen

Fragen Sie den Hersteller Empfindlichkeiten und Einflüssen von Umgebungsbedingungen – in einem Datenblatt oder Benutzerhandbuch sind nicht immer alle Informationen zu finden

Entwickeln Sie ihren eigenen Standardarbeitsverfahren – Ergebnisse vergleichen