



u^b

**UNIVERSITÄT
BERN**

**OESCHGER CENTRE
CLIMATE CHANGE RESEARCH**

Physik am Freitag
2. März 2018

Was uns Edelgase über das Grundwasser und Atombomben verraten

Dr. Roland Purtschert

Klima und Umweltphysik
Oeschger Center, Climate Change Research
Universität Bern



Das Gedächtnis des Wassers

Kann Wasser Informationen speichern oder sich später daran erinnern? Der Streit um diese Frage begann im Jahr 1988, sie taucht immer mal wieder auf.



Hat Wa

WATER

DIE GEHEIME MACHT DES WASSERS



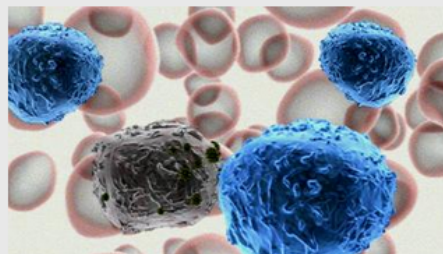
Hat Wasser ein Gedächtnis?

Homöopathie auf dem Prüfstand

Alternative Heilmethoden haben schon seit Langem Konjunktur – unabhängig davon, ob aus naturwissenschaftlicher Sicht tatsächlich etwas dran ist an ihren Heilsversprechen.

Wissenschaftler überprüfen Versuche, die die Wirkung homöopathischer Präparate belegen sollen. Einen Nachweis können sie nicht entdecken.

Selbstheilungskräfte lassen sich mobilisieren und deren Wirkungen physiologisch nachweisen. Vielleicht liegt hier ein noch nicht ausgeschöpftes vielversprechendes Potenzial für medizinische Therapien.



Hahnemanns Lehre

Hat Kim eine neue Atombombe getestet?

In Nordkorea ist ein Erdbeben der Stärke 3,4 gemessen worden. Laut chinesischen Medien könnte ein Atomwaffentest dahinterstecken, Südkoreas Wetterbehörde sprach dagegen von einem «natürlichen» Beben.



1/13 Hat er eine neue Atombombe getestet? Der nordkoreanische Machthaber Kim Jong-un. (21. September 2017)

Bild: AFP/AP/KCNA via KNS



Putin: „Nordkorea hat keine Atomwaffen, sondern Mineralien in Billionenhöhe“

Veröffentlicht am August 16, 2017 — in Geopolitik

Jetzt aktuell: [Postauto-Skandal](#) • [No Billag](#) • [Olympia 2018](#)

News aus Ihrer Schweiz am Wochenende **Jetzt abonnieren**

ATOMTEST

Erdbeben erschüttert Nordkorea: Hat Kim Jong Un die Wasserstoff-Bombe gezündet?

watson.ch • Zuletzt aktualisiert am 3.9.2017 um 20:57 Uhr



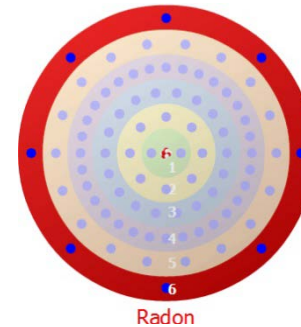
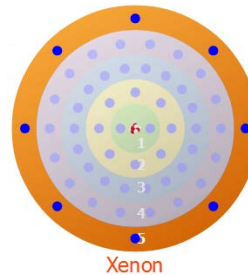
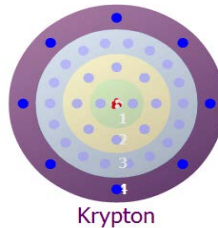
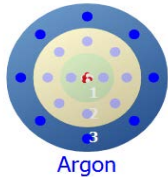
September 2017: Kim Jong Un zündet eine Wasserstoffbombe

© AP

Die Hauptgruppe der Edelgase

Hauptgruppen

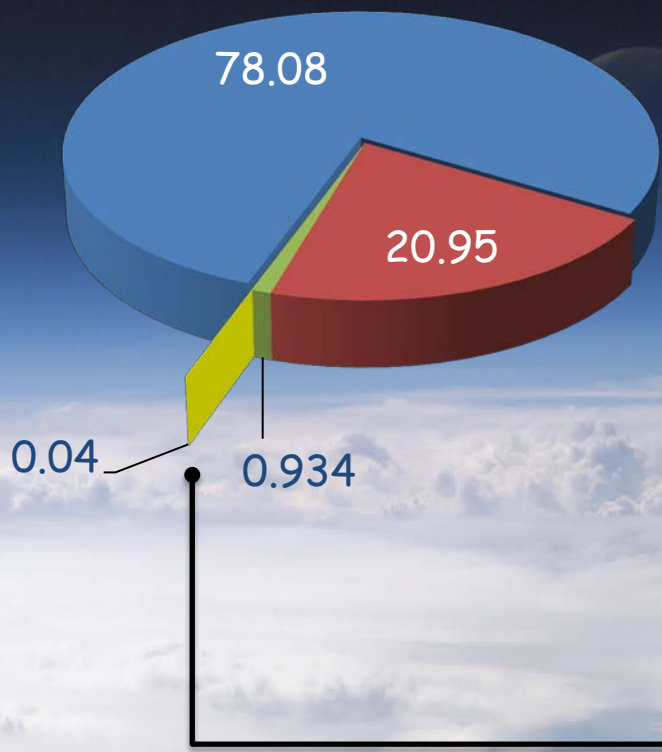
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	
1	1 H							2 He	K
2	3 Li	4 Be	5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne	L
3	11 Na	12 Mg	13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar	M
4	19 K	20 Ca	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr	N
5	37 Rb	38 Sr	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe	O
6	55 Cs	56 Ba	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn	P
7	87 Fr	88 Ra	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo	Q



Luftzusammensetzung

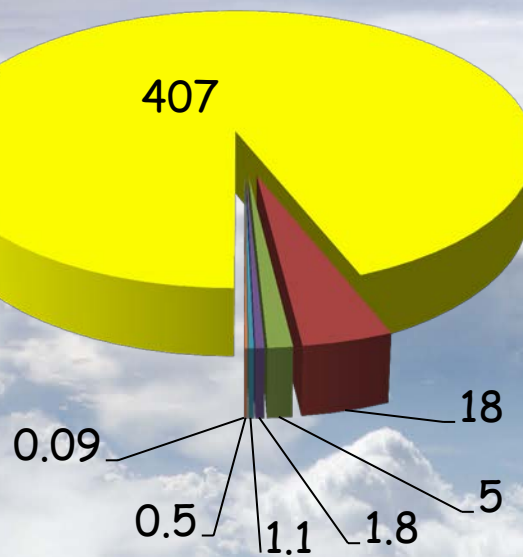
%

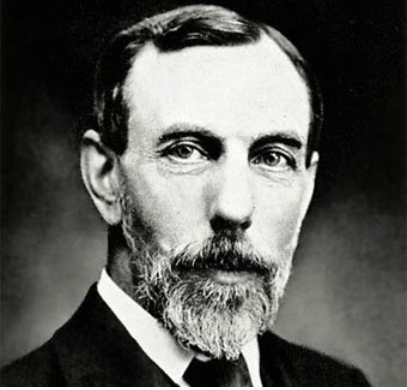
- N₂
- O₂
- Ar
- Rest



ppm

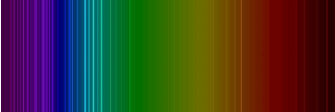


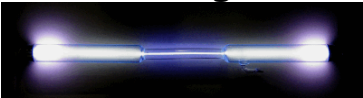
- CO₂
- Ne
- He
- CH₄
- Kr
- H₂
- Xe





Entdeckung der Edelgase

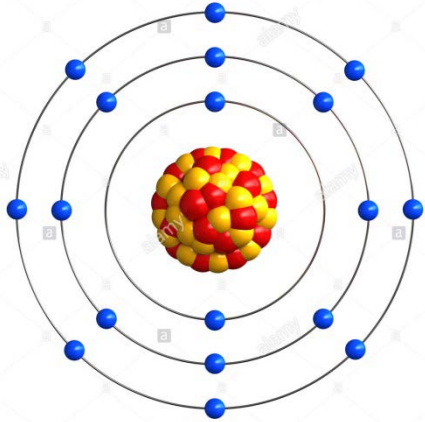
William Ramsay 1852-1916
Nobelpreis in Chemie, 1904

- 1894  Besuchte Vorlesung Sir Lord Rayleigh, der berichtete dass sich die Dichte von aus Luft gewonnenem Stickstoff um 0.5% von künstlich hergestelltem unterschied. Ramsay machte Studien und entdeckte anhand des Linienspektrums ein neues Element Argon (**griechisch das Träge (Element)**)
- 1895  Norman Lockyer spekulierte das die neue Spektlinie von einem neuem Element stammt Helium von (**Helios**)
Dieselbe Linie fand Ramsay in Gas das durch Lösung von Uranmineral entwich.
- 1898  Ramsay und Travers verfestigten «Argon» und untersuchten das bei Druckreduzierung zuerst entweichende Gas das sie in einer Vakuumröhre sammelten und eine Spannung anlegte. Sie nannten das neue Element Neon (**das Neue**)
- 1897 Bei der Suche nach Neon untersuchte Ramsay auch das schwere Kondensat. Neben Argon enthielt das Gas ein neuen Element (Krypton (**das Verborgene**))
- 1898  Weitere Untersuchungen am Kondensat förderten das noch schwerere Xenon zutage (**das Fremde**)
- 1902 Rutherford zeigte, dass Thorium ein radioaktives Gas emittiert. Er und Frederick Soddy ordneten es der Gruppe der Edelgase zu. Sie nannten es Radon (**das Strahlende**)

Warum sind Edelgase für Umweltphysiker interessant?

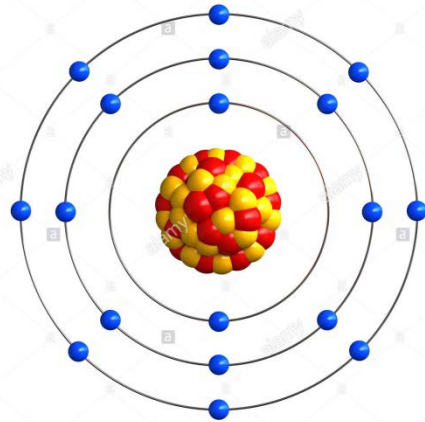
- Sie sind chemisch sehr träge
 - Vorteil: keine störenden chemischen Prozesse
 - Konzentration z. B. in Luft und Wasser wird nur durch physikalische Prozesse verändert -> viel einfacher zu interpretieren
- Sie sind sehr selten
 - Vorteil: Sie beeinflussen die zu untersuchenden Umweltprozesse nicht
- Sie sind gasförmig
 - Vorteil: sie sind sehr mobil und verteilen sich in Boden, Wasser und Atmosphäre
- Sie kommen in verschiedenen Varianten vor (Isotope)
 - Vorteil: sie können auch als Uhren verwendet werden

Isotope: Beispiel stabile Argonisotope



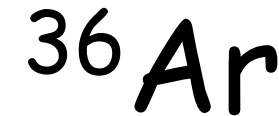
- 18 Protonen
- 22 Neutronen
- 18 Elektronen

} 40 Nukleonen

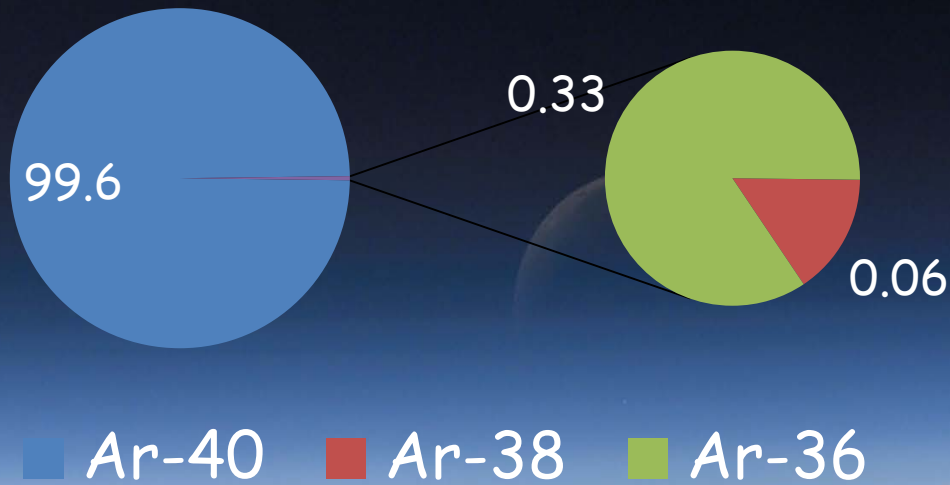


- 18 Protonen
- 18 Neutronen
- 18 Elektronen

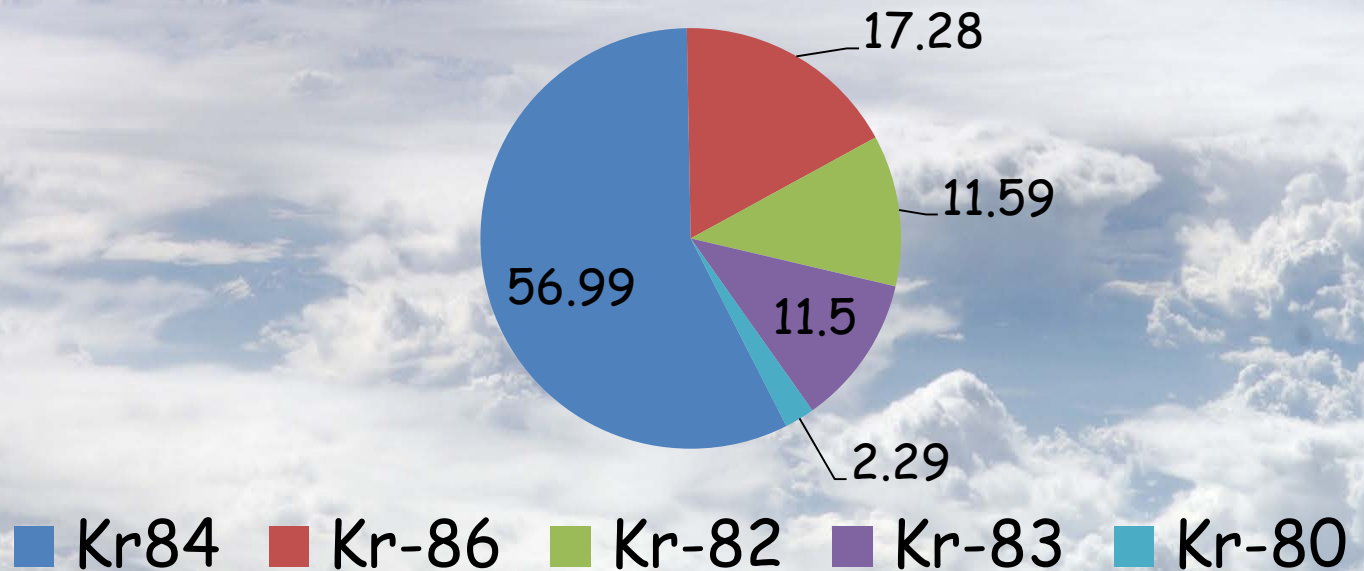
} 36 Nukleonen



Stabile Argonisotope (%)

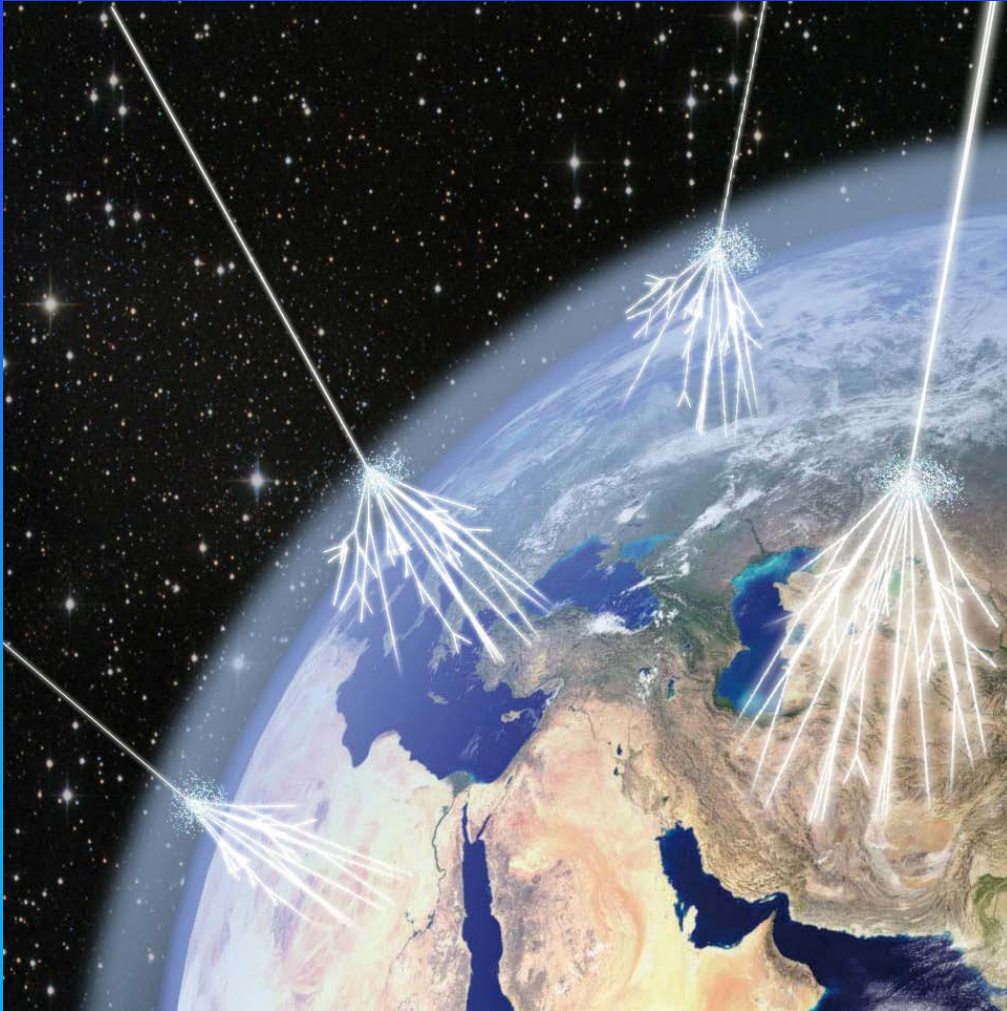


Stabile Kryptonisotope (%)



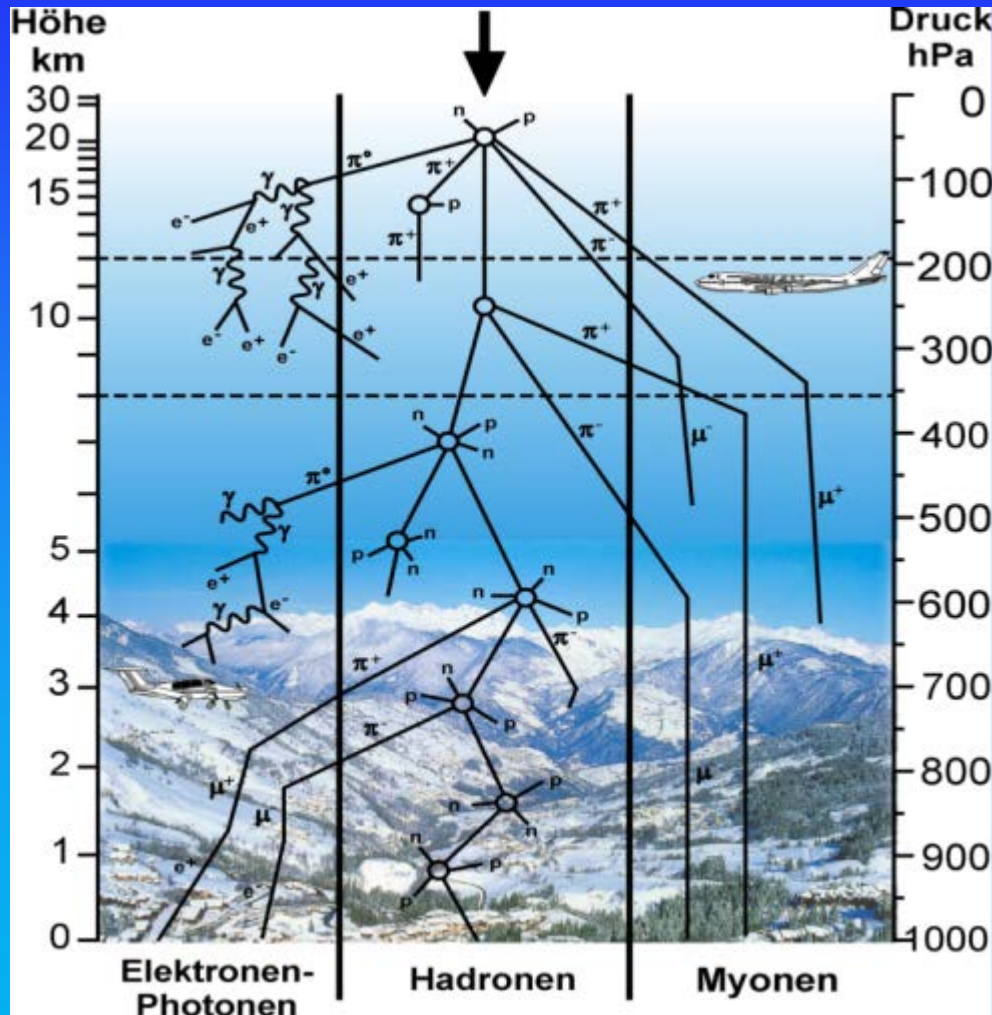
Wie entstehen instabile (radioaktive) Isotope?

Primäre kosmische Strahlung
87% Protonen, 12% Alpha Teilchen



Wie entstehen instabile (radioaktive) Isotope?

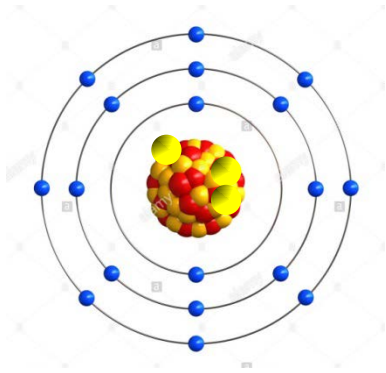
Primäre kosmische Strahlung
87% Protonen, 12% Alpha Teilchen



Sekundäre Strahlung
Vor allem Neutronen
und Myonen

Entstehung des radioaktiven Ar-39

^{40}Ar

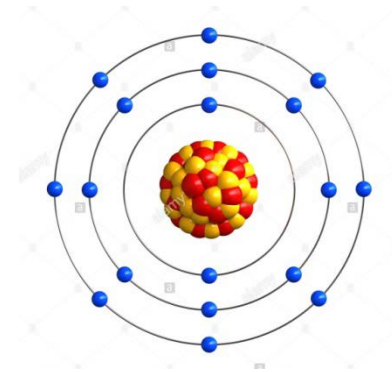


- 18 Protonen
- 22 Neutronen
- 18 Elektronen

Stabil



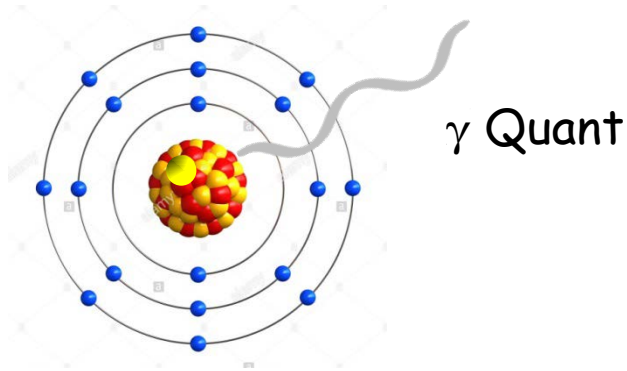
^{39}Ar



- 18 Protonen
- 21 Neutronen
- 18 Elektronen

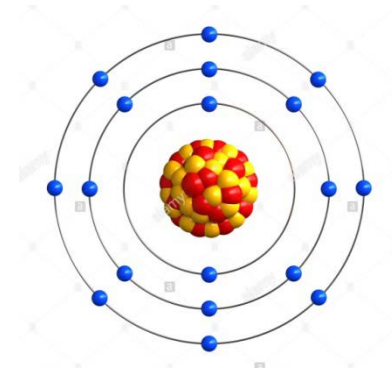
Entstehung des radioaktiven Kr-81

^{80}Kr



- 36 Protonen
- 44 Neutronen
- 36 Elektronen

^{81}Kr



- 36 Protonen
- 45 Neutronen
- 36 Elektronen

Stabil

Edelgasisotope

- Half life
- Stable
 - Very short
 - > 100,000 yr
 - > 10 yr
 - > 100 days
 - > 10 days
 - > 1 day
 - > 1 hr
 - > 1 min.

⁴ Li	⁵ Li	⁶ Li	⁷ Li
² He	⁴ He	⁵ He	⁶ He
¹ H	² H	³ H	⁴ H

Helium

²⁰ Na	²¹ Na	²² Na	²³ Na	²⁴ Na	²⁵ Na	²⁶ Na
¹⁹ Ne	²⁰ Ne	²¹ Ne	²² Ne	²³ Ne	²⁴ Ne	²⁵ Ne
¹⁸ F	¹⁹ F	²⁰ F	²¹ F	²² F	²³ F	²⁴ F

Neon

³⁵ K	³⁶ K	³⁷ K	³⁸ K	³⁹ K	⁴⁰ K	⁴¹ K	⁴² K	⁴³ K	⁴⁴ K	⁴⁵ K	⁴⁶ K
³⁴ Ar	³⁵ Ar	³⁶ Ar	³⁷ Ar	³⁸ Ar	³⁹ Ar	⁴⁰ Ar	⁴¹ Ar	⁴² Ar	⁴³ Ar	⁴⁴ Ar	⁴⁵ Ar
³³ Cl	³⁴ Cl	³⁵ Cl	³⁶ Cl	³⁷ Cl	³⁸ Cl	³⁹ Cl	⁴⁰ Cl	⁴¹ Cl	⁴² Cl	⁴³ Cl	⁴⁴ Cl

Argon

⁷⁹ Rb	⁸⁰ Rb	⁸¹ Rb	⁸² Rb	⁸³ Rb	⁸⁴ Rb	⁸⁵ Rb	⁸⁶ Rb	⁸⁷ Rb	⁸⁸ Rb	⁸⁹ Rb	⁹⁰ Rb
⁷⁸ Kr	⁷⁹ Kr	⁸⁰ Kr	⁸¹ Kr	⁸² Kr	⁸³ Kr	⁸⁴ Kr	⁸⁵ Kr	⁸⁶ Kr	⁸⁷ Kr	⁸⁸ Kr	⁸⁹ Kr
⁷⁷ Br	⁷⁸ Br	⁷⁹ Br	⁸⁰ Br	⁸¹ Br	⁸² Br	⁸³ Br	⁸⁴ Br	⁸⁵ Br	⁸⁶ Br	⁸⁷ Br	⁸⁸ Br

Krypton

¹²⁶ Cs	¹²⁷ Cs	¹²⁸ Cs	¹²⁹ Cs	¹³⁰ Cs	¹³¹ Cs	¹³² Cs	¹³³ Cs	¹³⁴ Cs	¹³⁵ Cs	¹³⁶ Cs	¹³⁷ Cs	¹³⁸ Cs	¹³⁹ Cs
¹²⁵ Xe	¹²⁶ Xe	¹²⁷ Xe	¹²⁸ Xe	¹²⁹ Xe	¹³⁰ Xe	¹³¹ Xe	¹³² Xe	¹³³ Xe	¹³⁴ Xe	¹³⁵ Xe	¹³⁶ Xe	¹³⁷ Xe	¹³⁸ Xe
¹²⁴ I	¹²⁵ I	¹²⁶ I	¹²⁷ I	¹²⁸ I	¹²⁹ I	¹³⁰ I	¹³¹ I	¹³² I	¹³³ I	¹³⁴ I	¹³⁵ I	¹³⁶ I	¹³⁷ I

Xenon

²²¹ Fr	²²² Fr	²²³ Fr	²²⁴ Fr	²²⁵ Fr	²²⁶ Fr	²²⁷ Fr	²²⁸ Fr	²²⁹ Fr
²²⁰ Rn	²²¹ Rn	²²² Rn	²²³ Rn	²²⁴ Rn	²²⁵ Rn	²²⁶ Rn	²²⁷ Rn	²²⁸ Rn
²¹⁹ At	²²⁰ At	²²¹ At	²²² At	²²³ At	²²⁴ At	²²⁵ At	²²⁶ At	²²⁷ At

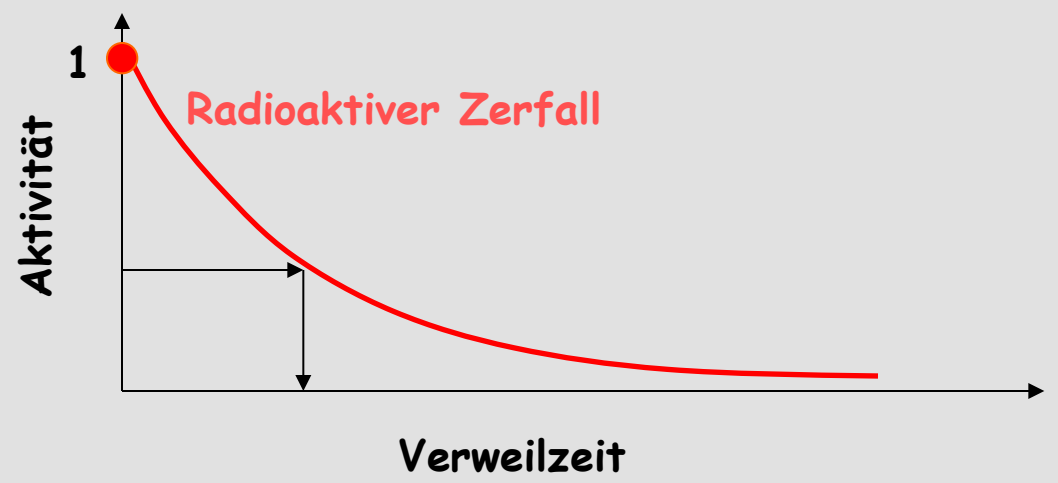
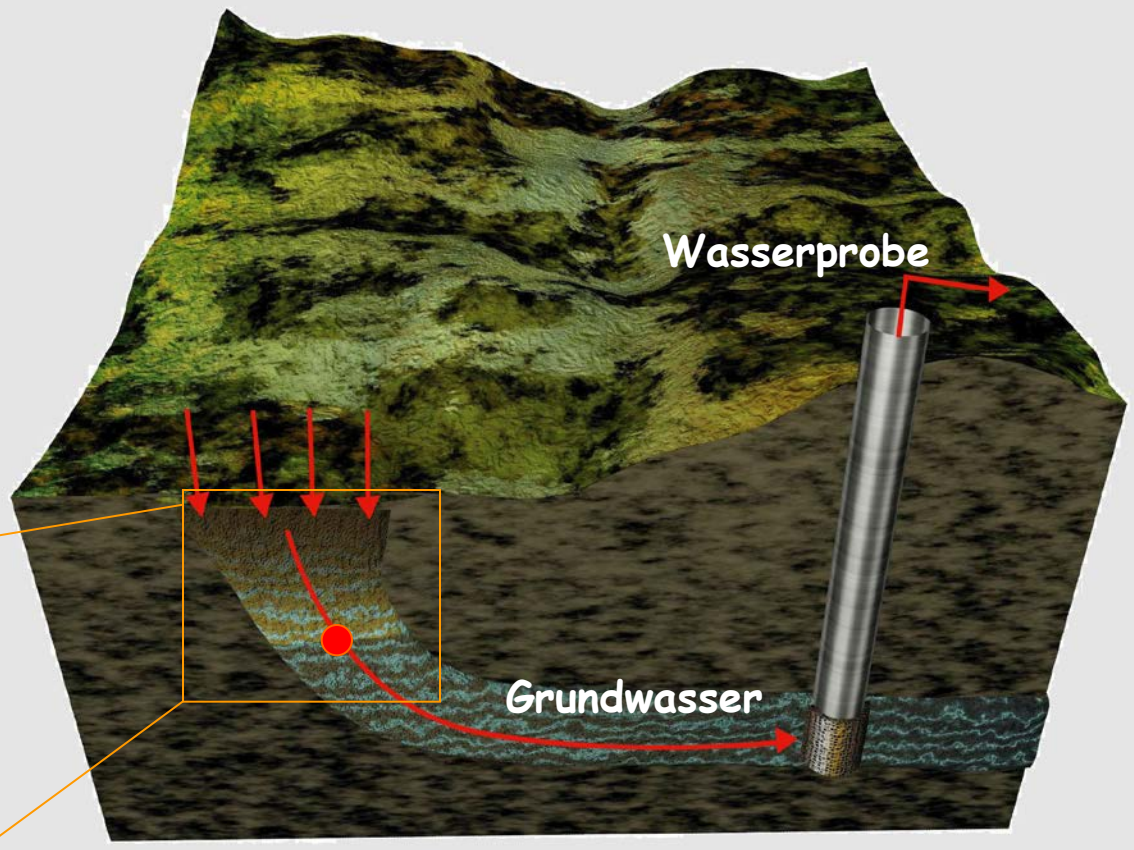
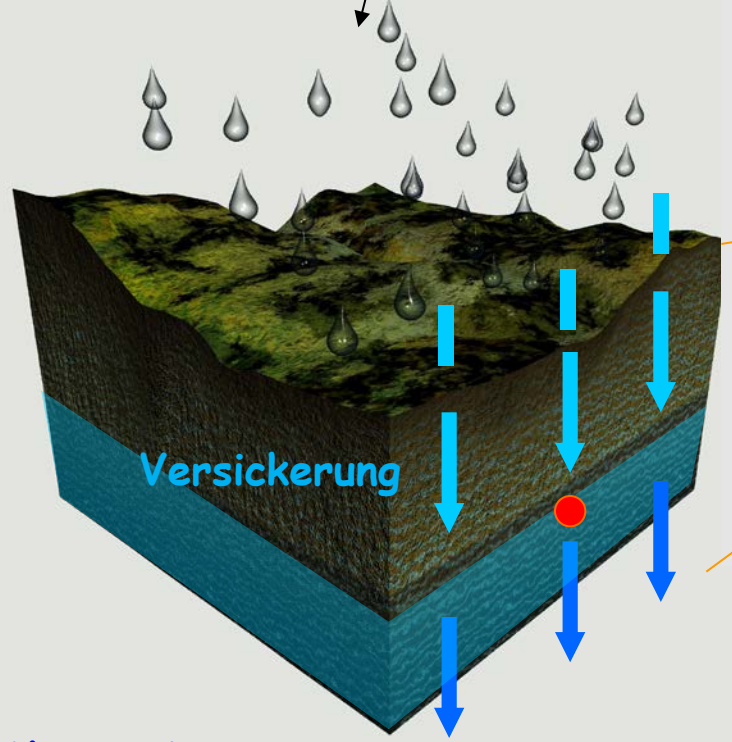
Radon

Isotop	Halbwertszeit
⁸¹ Kr	229'000 Jahre
³⁹ Ar	269 Tage
⁸⁵ Kr	10.8 Jahre
³⁷ Ar	35.1 Tage
¹³³ Xe	5.3 Tage
²²² Rn	3.8 Tage

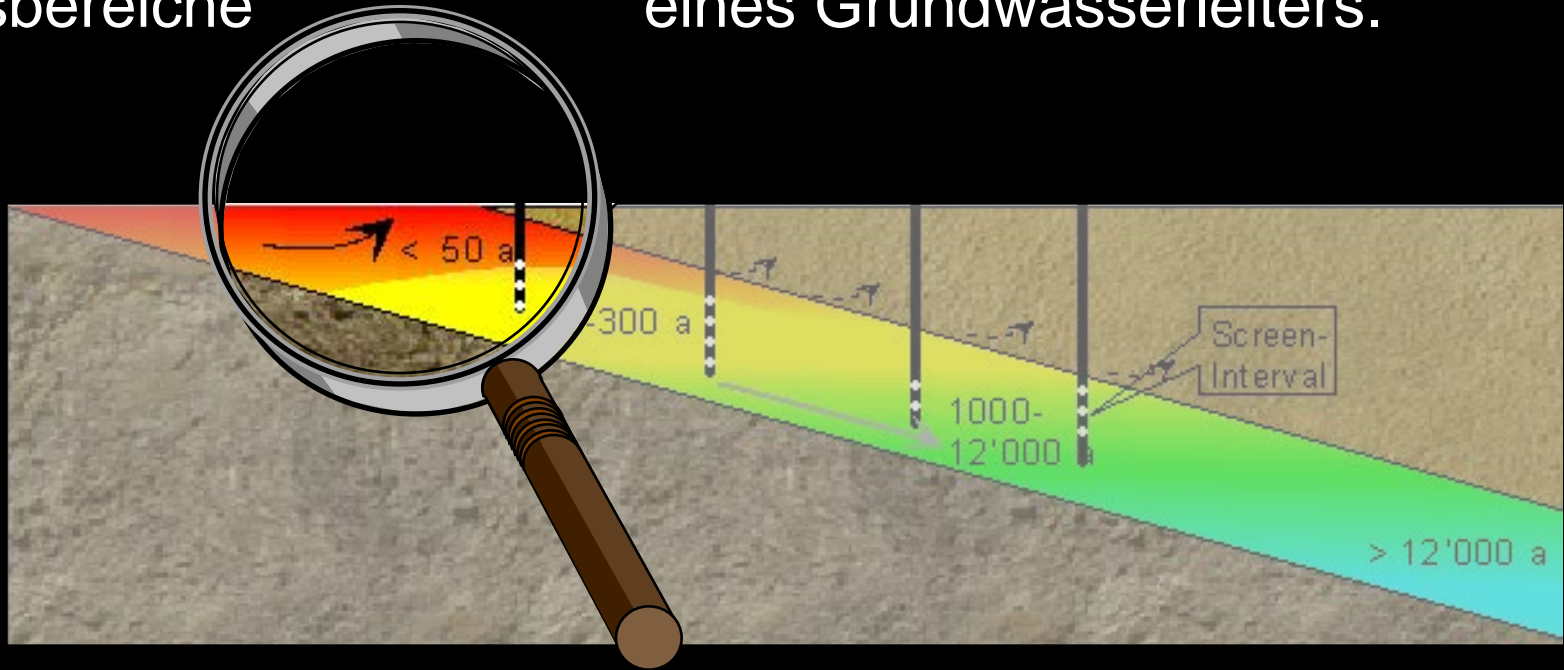
Kosmische Strahlung

^{14}C , ^{39}Ar , ^{81}Kr

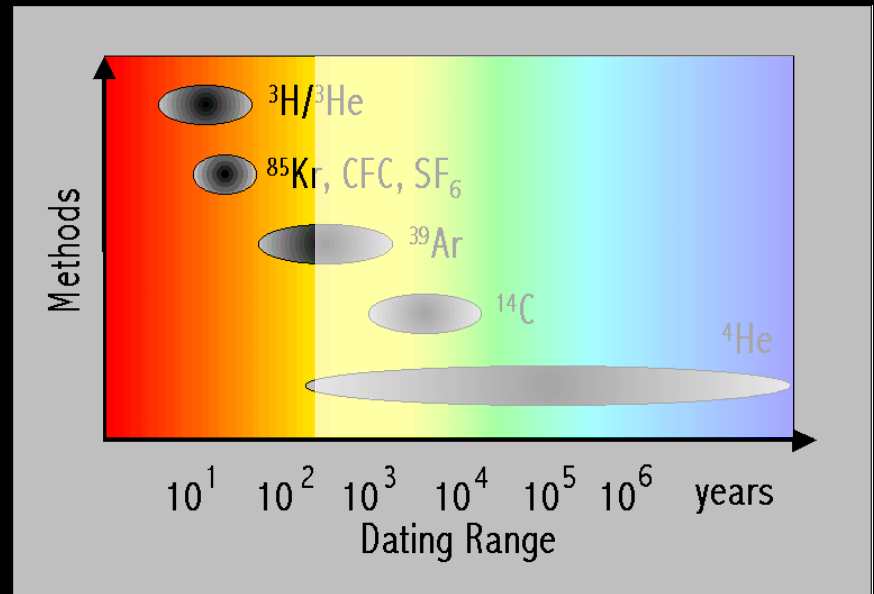
Atmosphäre

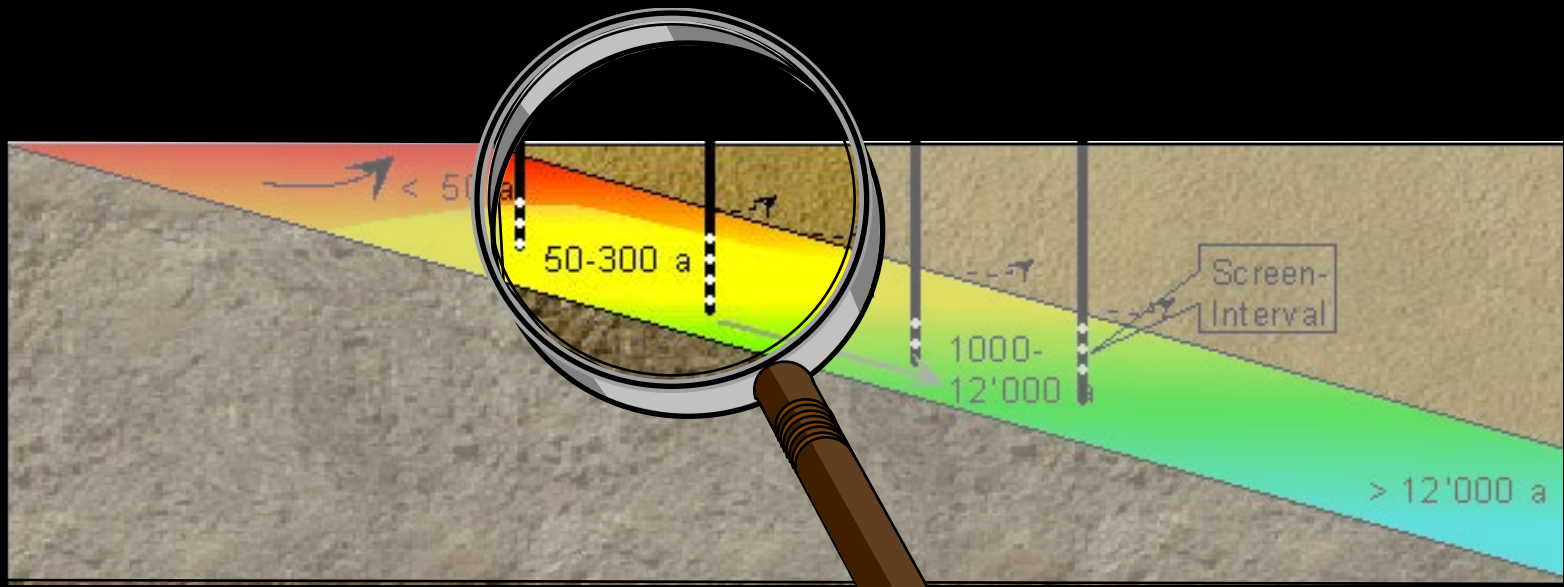


Verschiedene Isotope geben Einblick in unterschiedliche Altersbereiche eines Grundwasserleiters.

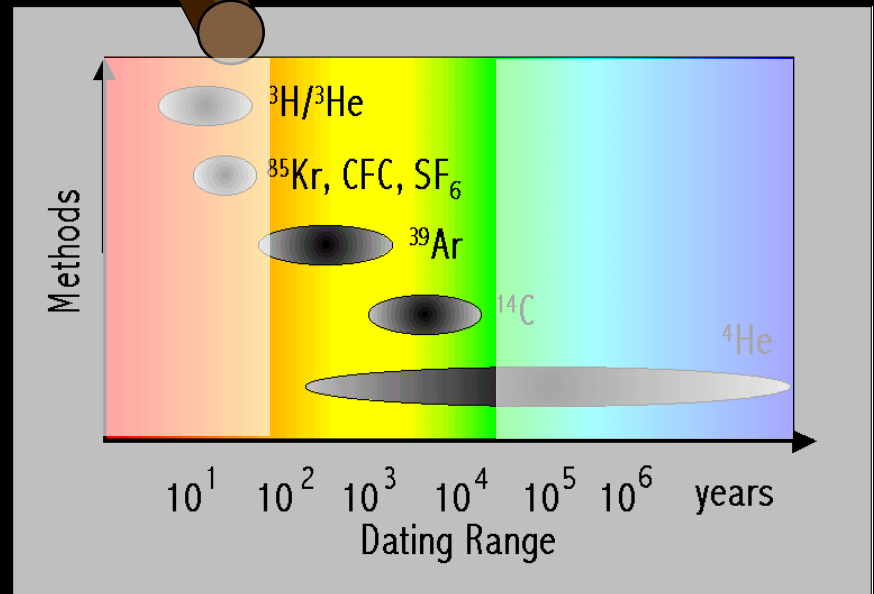


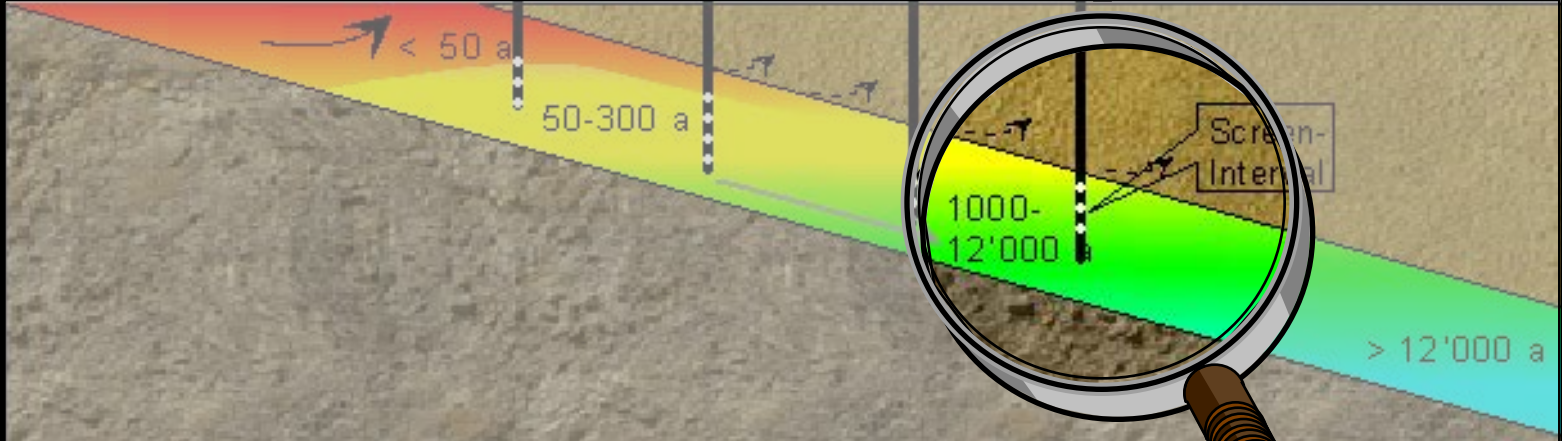
von Jahrzehnten, ..



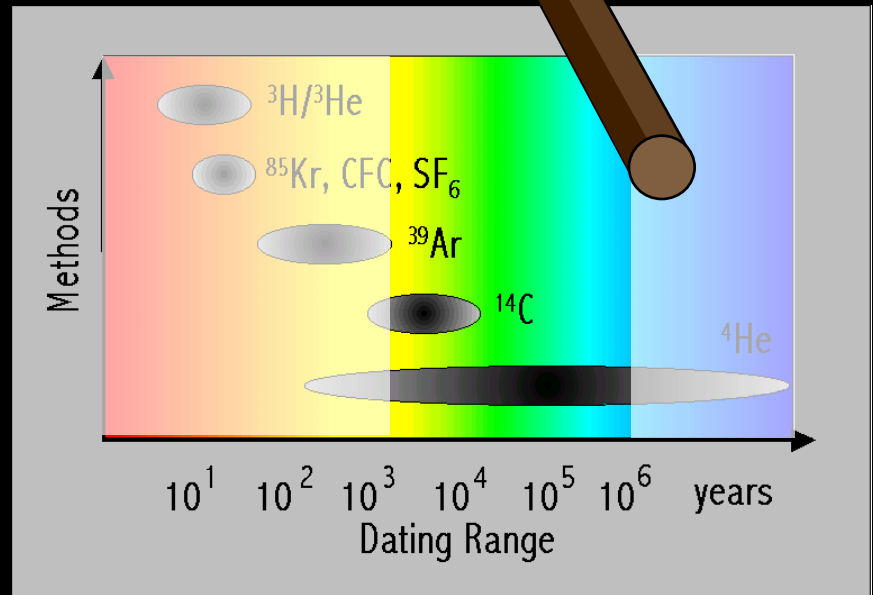


über
Jahrhunderte,....





.....bis
 Jahrtausende oder
 Jahrmlionen



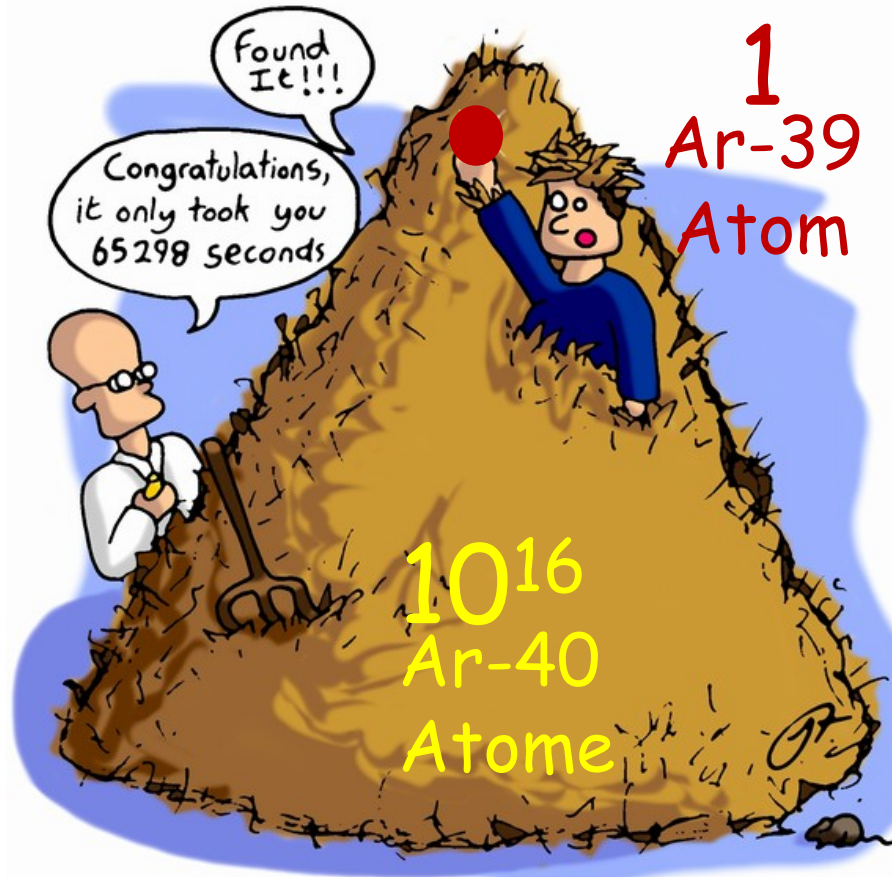
Gibt's einen Hacken?

Natürliche Konzentrationen von **radioaktiven** Edelgasen sind
sehr sehr sehr klein

Pro Liter Wasser



8000
³⁹Ar Atome



1000
⁸¹Kr Atome

Ein ^{39}Ar Atom auf 10^{16} Ar-40 Atome: Was heisst das?



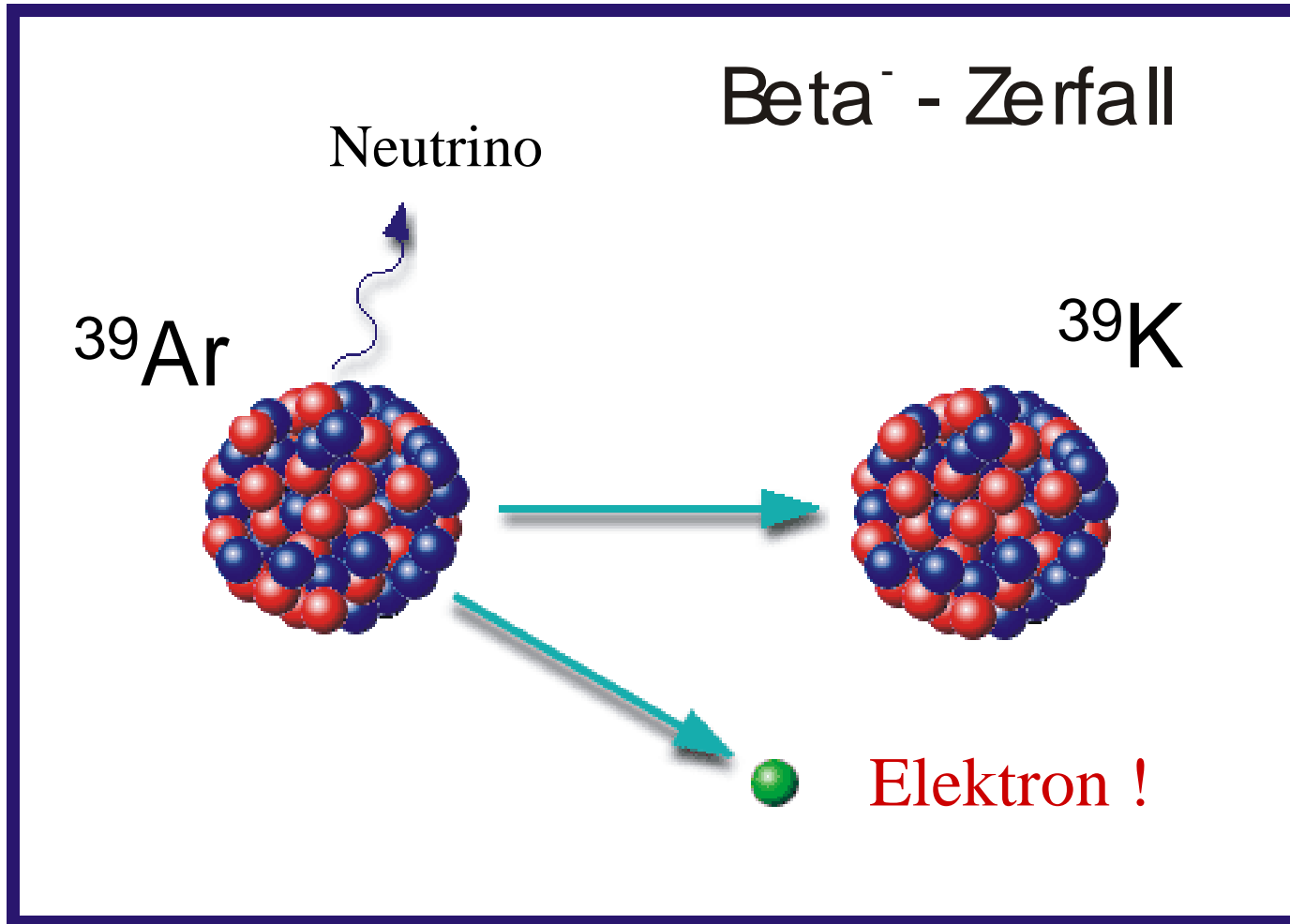
$\sim 10^{-10}$



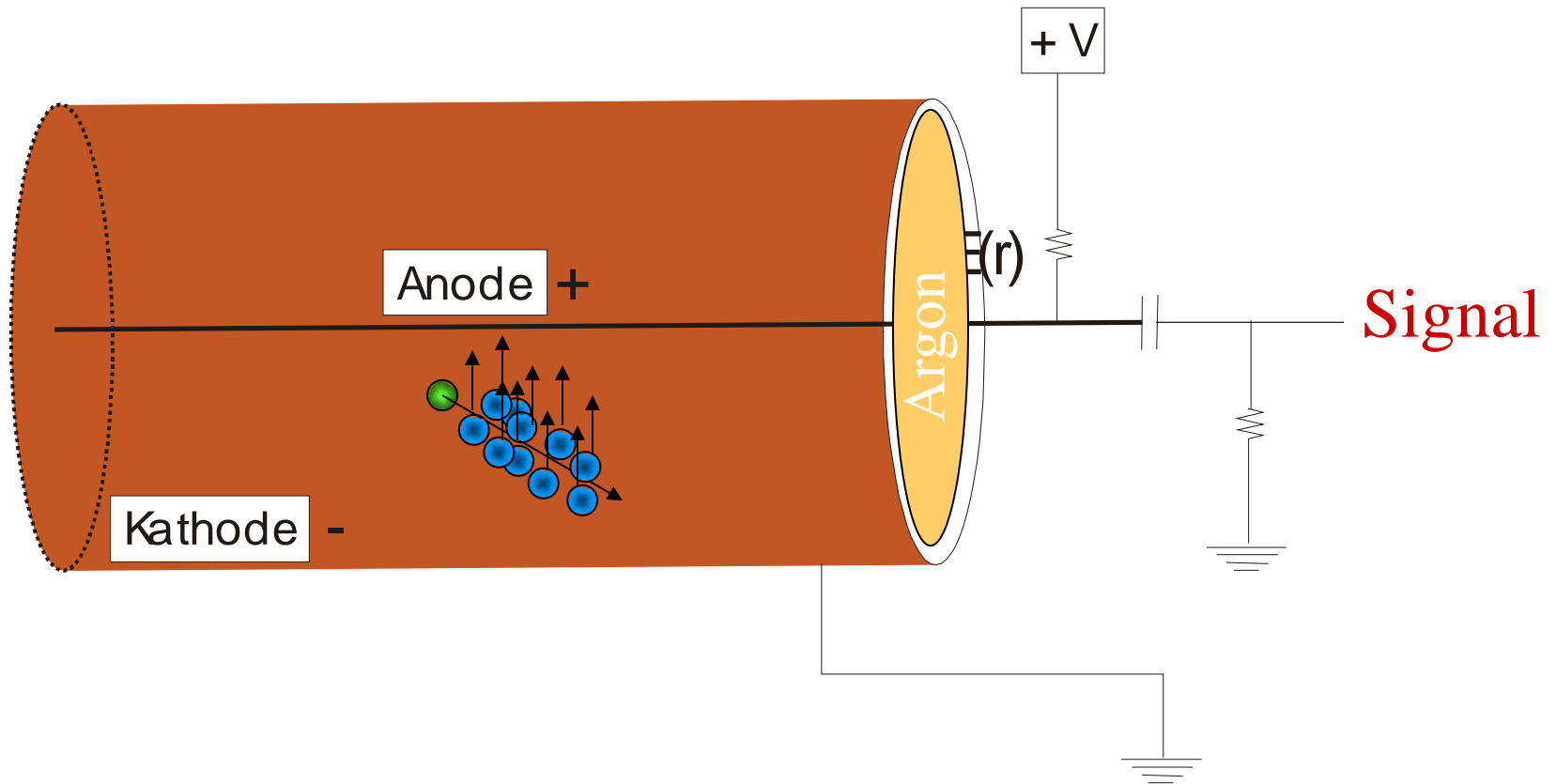
$\sim 10^{-16}$



Wie kann man das messen? Ionisations Detektor



Aufbau Detektor

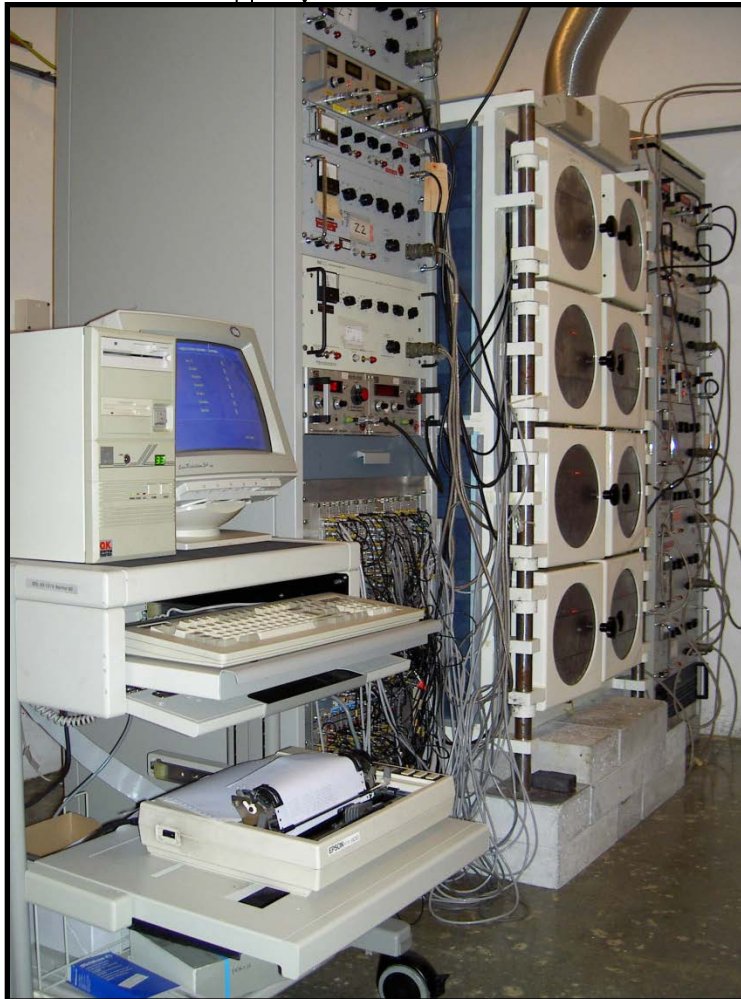


Proportionalzählrohr





35 m



Abbremsen und Einfangen von Atomen mit Laser



Steven Chu



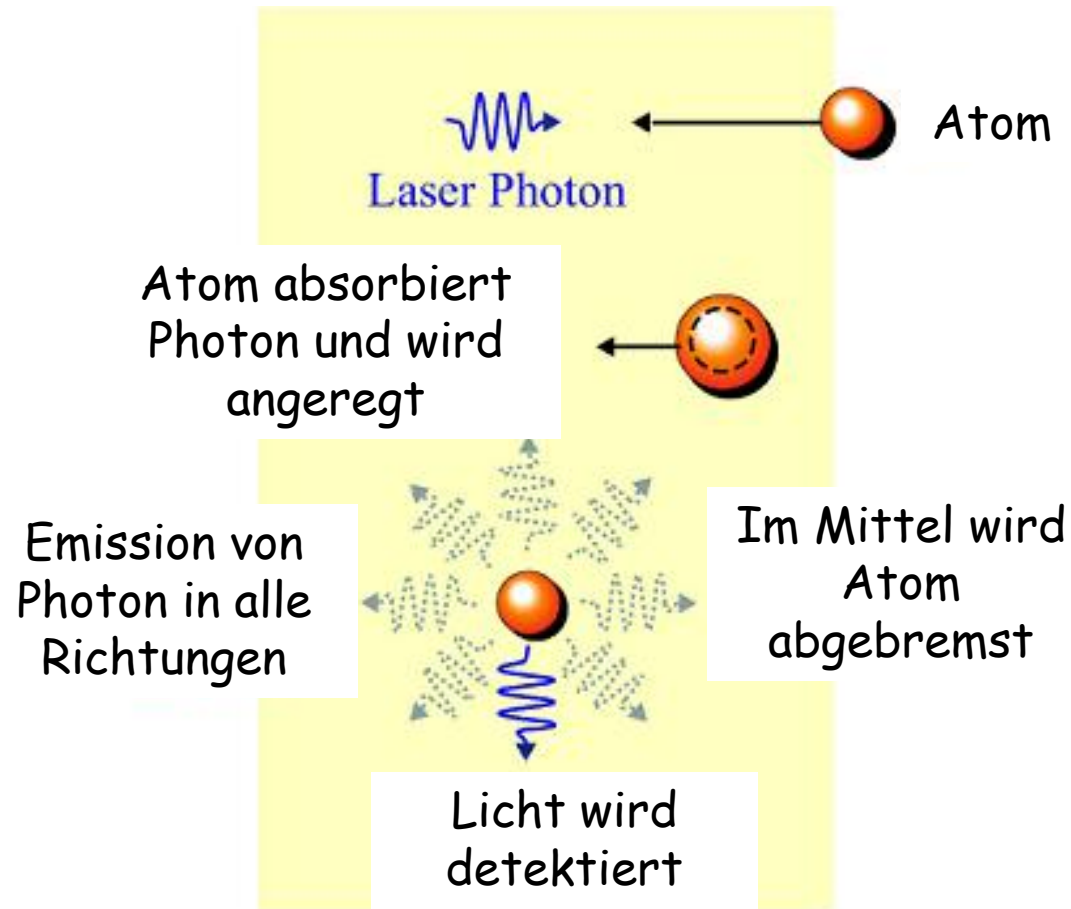
Prof. Dr.
William Daniel
Phillips



Claude Cohen-
Tannoudji

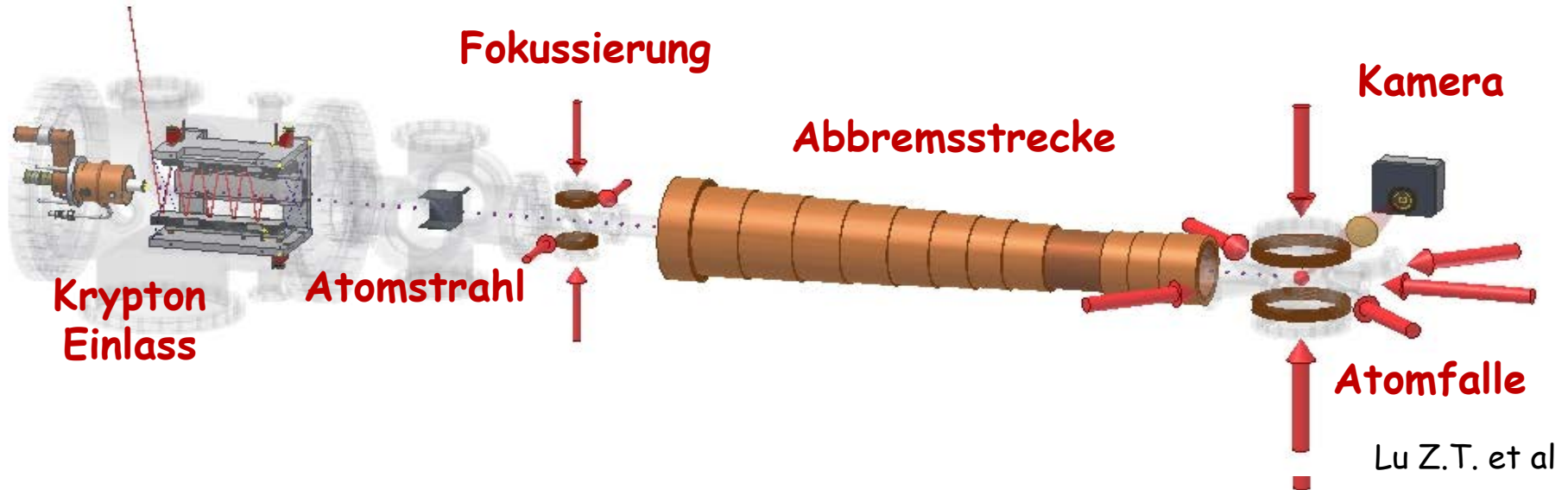
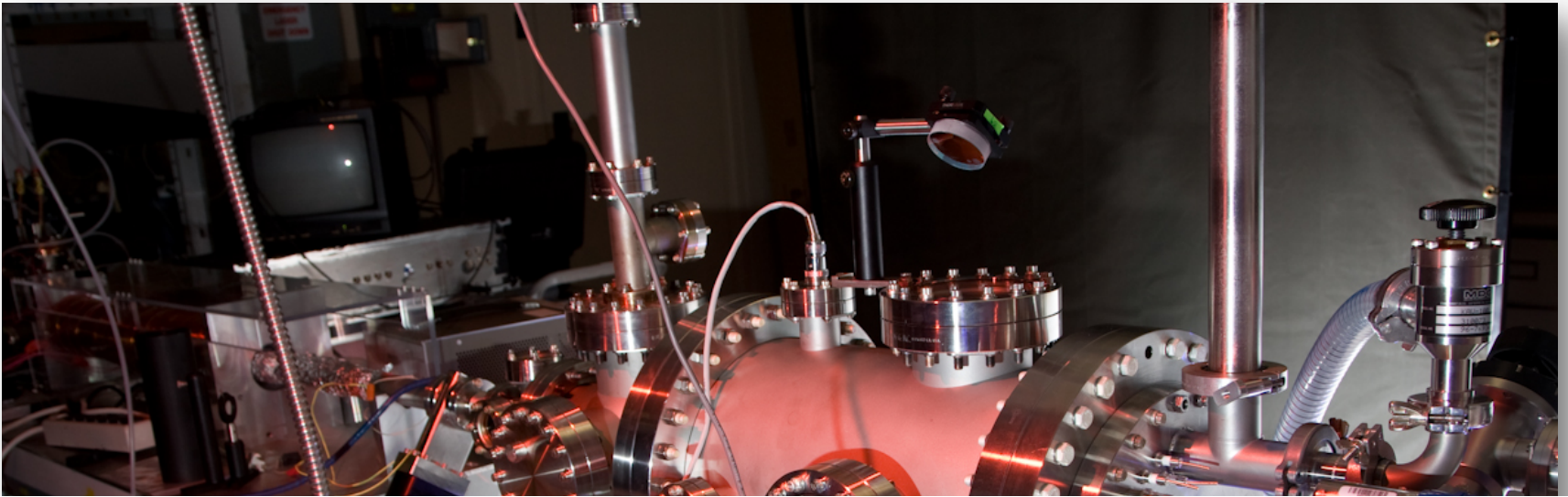


Nobel Preis
1997



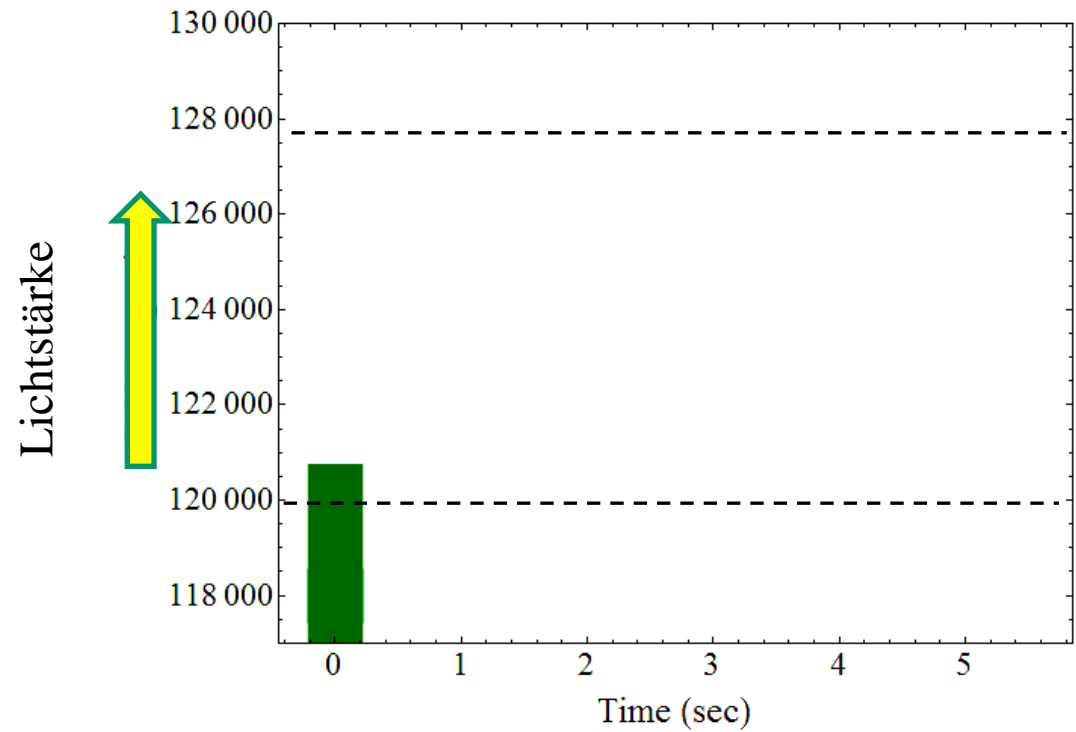
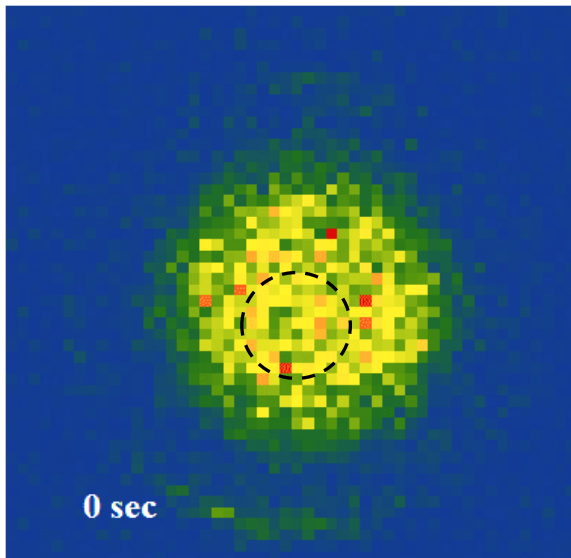
Design Atomfalle

(Argonne Nat Lab, USA)



Schnappschuss eines ^{81}Kr Atoms

Frame No. 12168



Anwendung: Bewässerung mit Grundwasser in Nubischer Wüste

Wasserbedarf zur Produktion
von 1 kg Tomaten

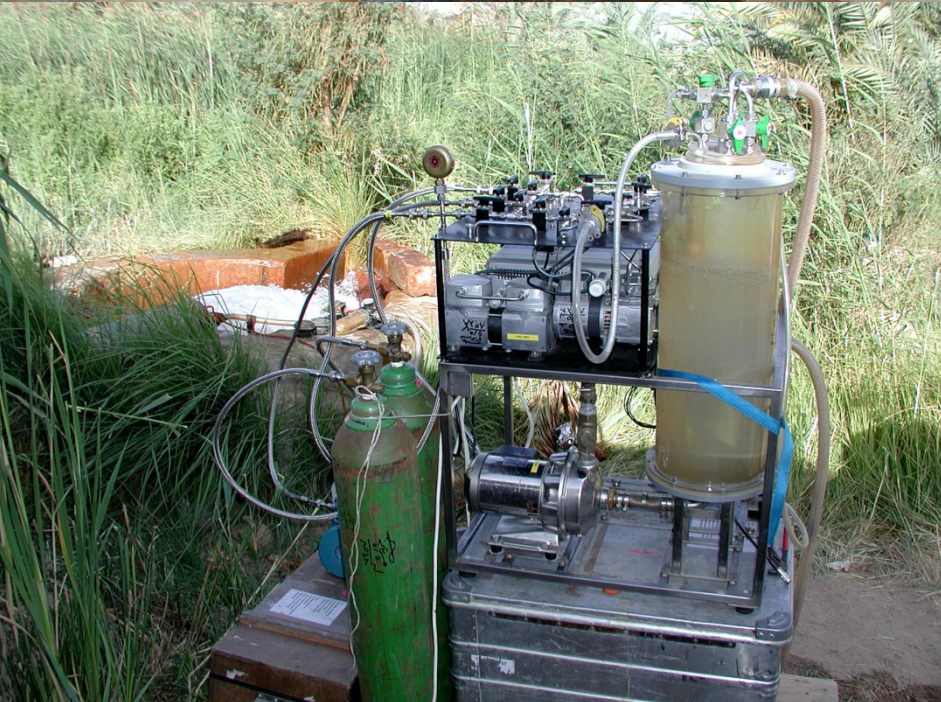


In Holland: 10 L
In Spanien: 85 L
In Aegypten: 230 L

Wo kommt dieses
Wasser her???

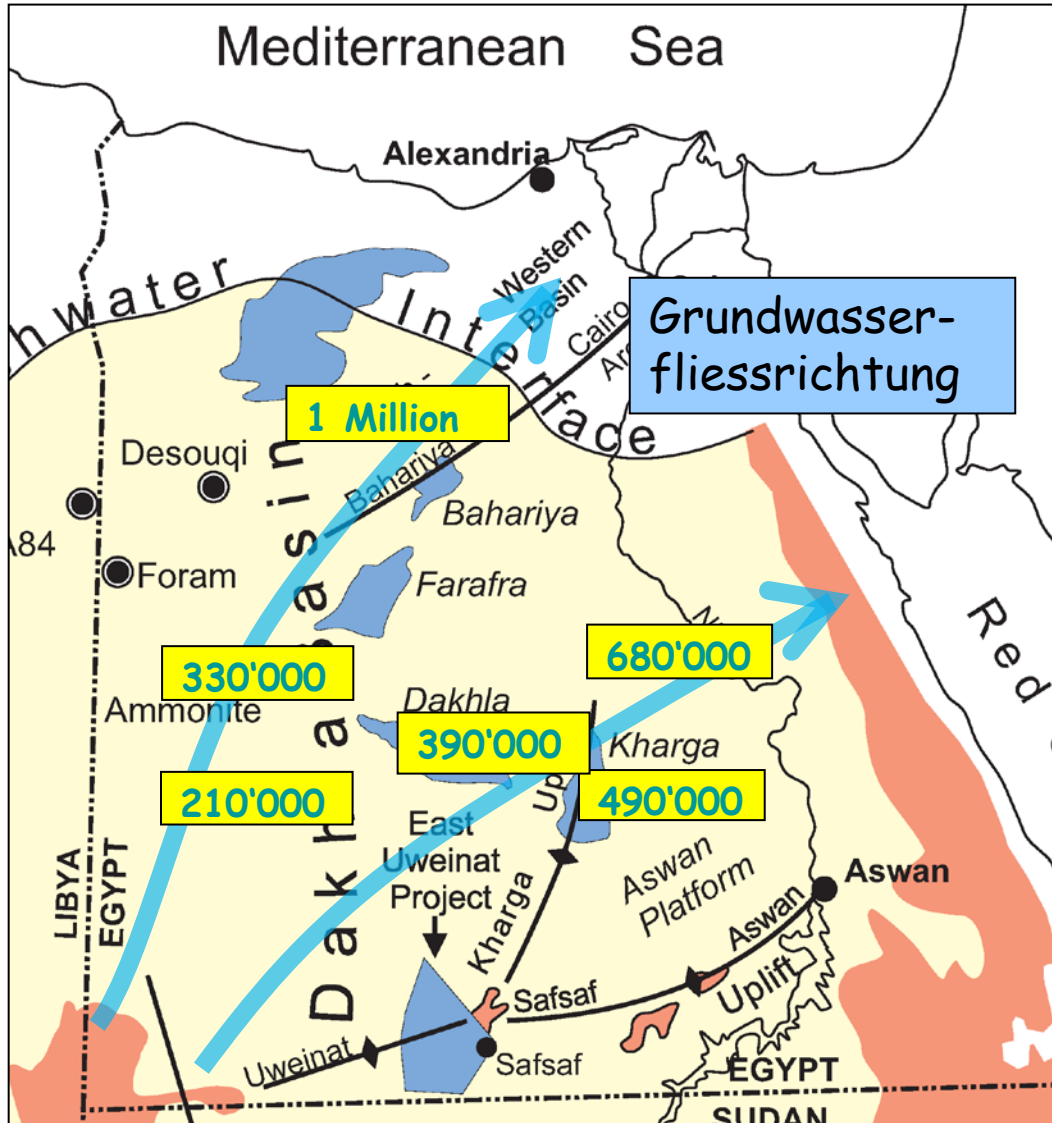






Resultate

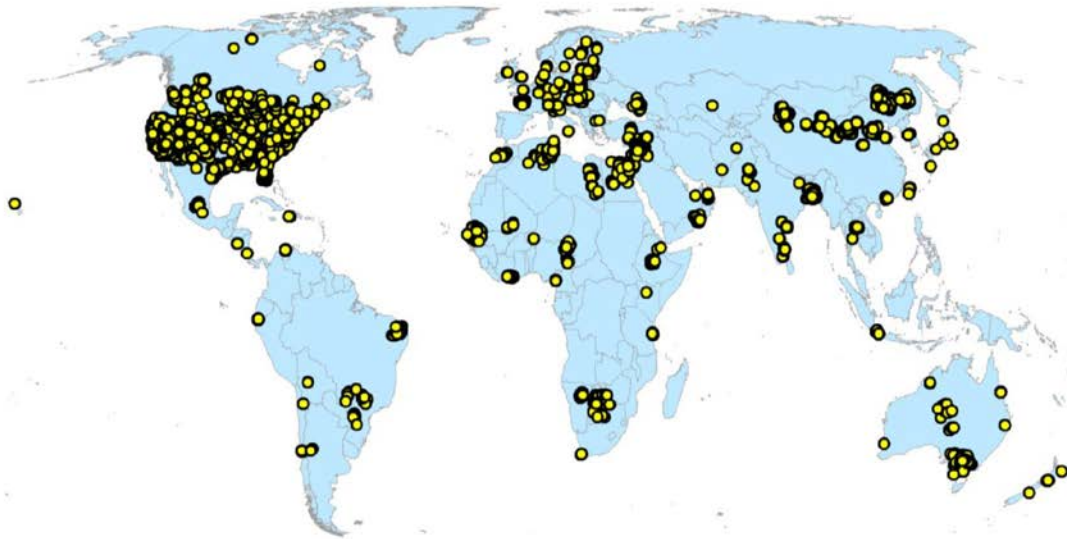
Grundwasseralter [Jahre]



Konsequenz?

- Das zur Bewässerung verwendete Wasser versickerte vor mindestens 200 Tausend Jahren in Zeiten als das Klima im Gebiet noch viel feuchter wahr
- Unter den heutigen trockenen Bedingungen wird es nicht mehr erneuert (es ist fossil)
- Falls man so weiter pumpt wie bisher, wird in 30-50 Jahren der Grundwasserspiegel so weit gesunken sein, dass die Förderung nicht mehr wirtschaftlich sein wird

Frage: Sind fossile Grundwässer die Ausnahme?



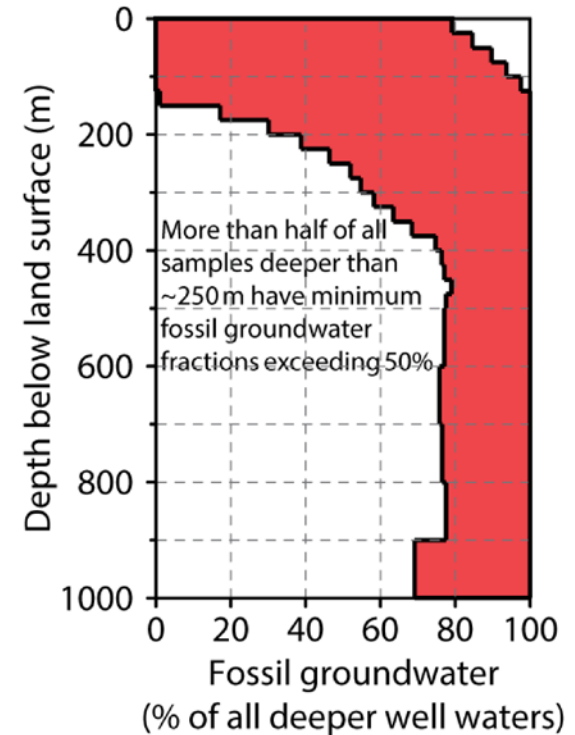
Antwort: Nein. Tiefer als 250 m sind sie die Regel

Aber es hat ja genug Wasser auf der Erde

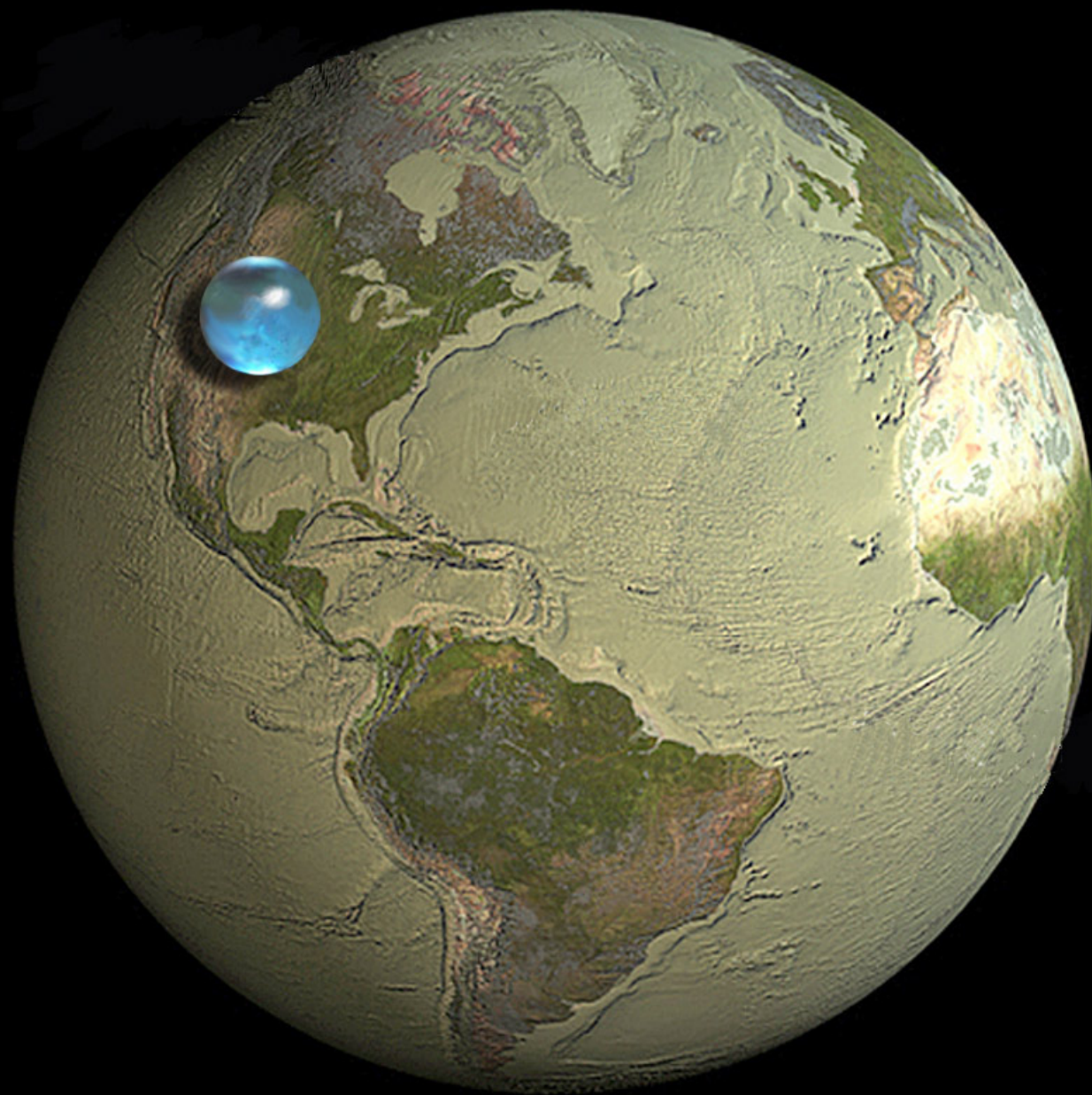
Ja, aber

Global aquifers dominated by fossil groundwaters but wells vulnerable to modern contamination

Scott Jasechko^{1*}, Debra Perrone^{2,3}, Kevin M. Befus⁴, M. Bayani Cardenas⁵, Grant Ferguson⁶, Tom Gleeson⁷, Elco Luijendijk⁸, Jeffrey J. McDonnell^{9,10,11}, Richard G. Taylor¹², Yoshihide Wada^{13,14} and James W. Kirchner^{15,16,17}

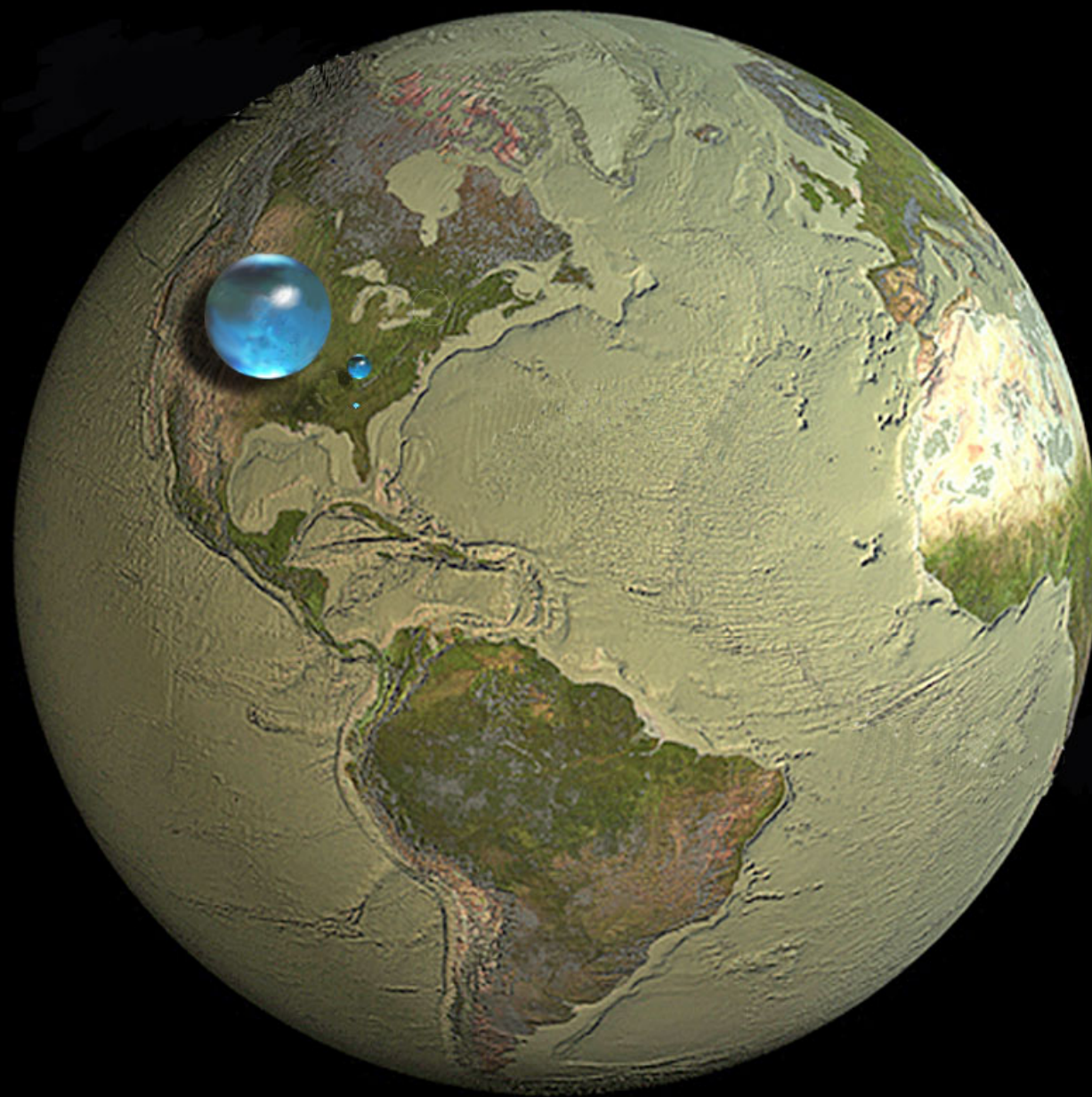






D=1400 km

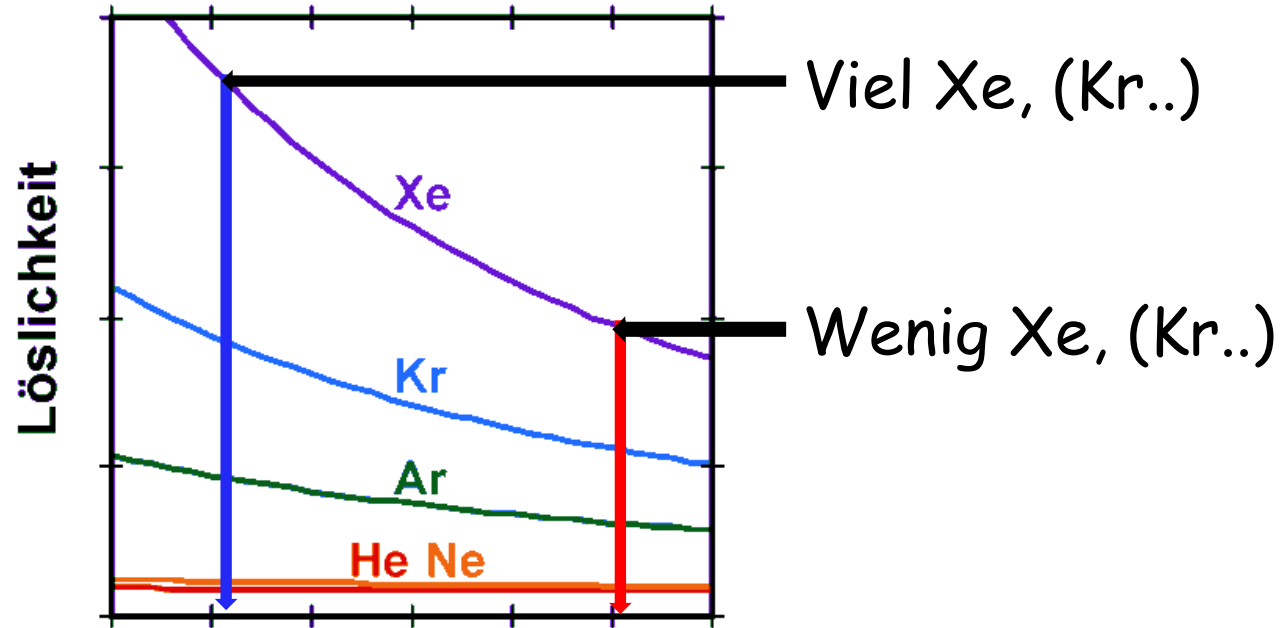
Credit: Howard Perlman, USGS



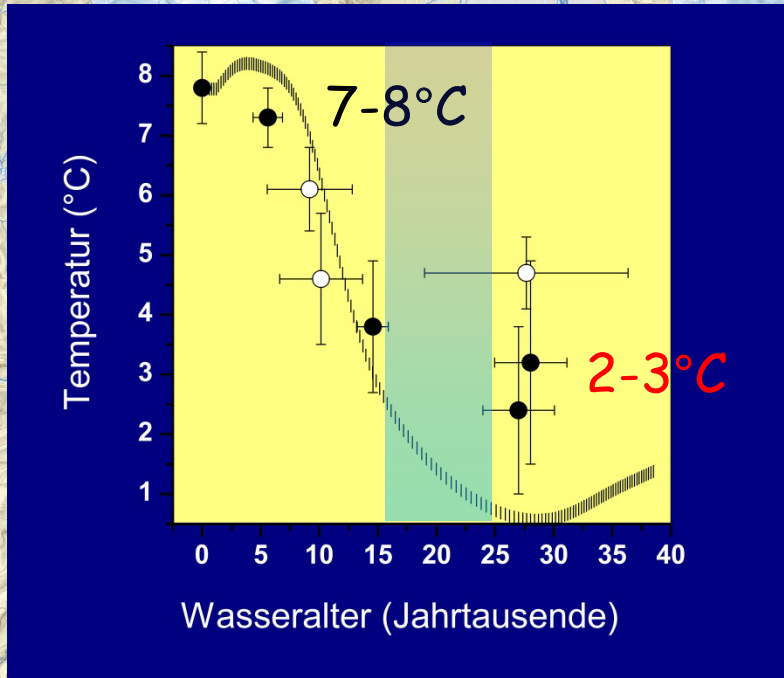
D=270 km
D=60 km

Credit: Howard Perlman, USGS

Wie kann man Temperatur bei der Infiltration bestimmen



tiefe Temperatur Temperatur hohe Temperatur



Thema 2: Überwachung nuklearer Aktivitäten



Worum geht's?

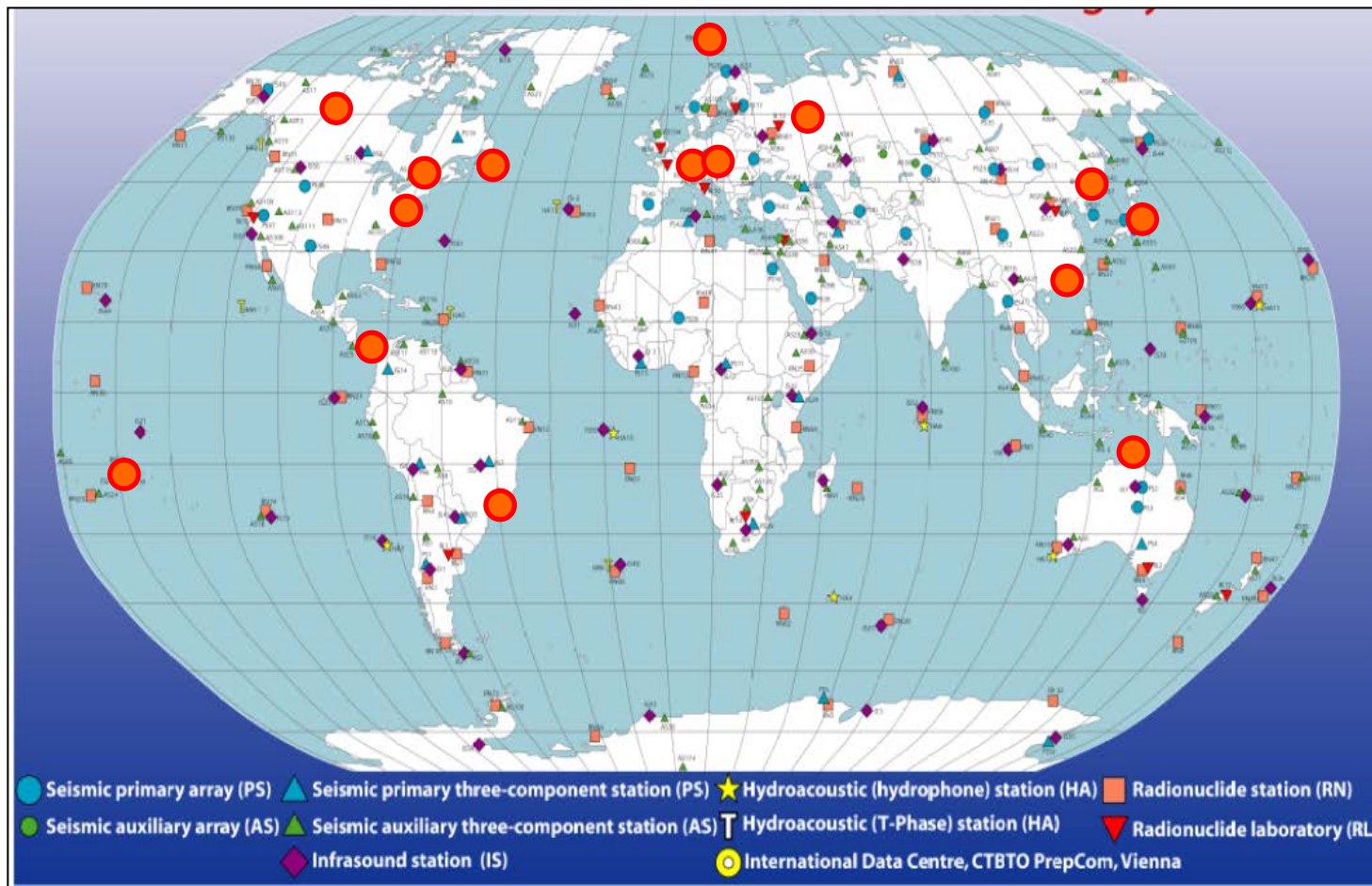
- Angestrebter Vertrag über ein Verbot von Nuklearversuchen (Comprehensive Test Ban Treaty (CTBT))
- Tritt in Kraft, sobald die im Vertrag angeführten 44 ratifiziert haben (USA und China haben das noch nicht)
- Die "Vorbereitende Kommission" in Wien ist seit 1997 beauftragt, ein weltweites Überprüfungsprogramm aufzusetzen
- Zweck: Verfehlungen aufdecken.



Internationales Monitoring System (CTBT)



- Netzwerk von 321 Beobachtungsstationen und 16 Radionuklidlabors zur Detektion jeglicher nuklearer Explosionen



Technologien

- Seismik
- Hydroakkustik
- Infraschall
- Radioaktivität
- Edelgase

- Funktioniert das Monitoring System der CTBTO?
- Was kann über die Art der NK Tests ausgesagt werden?

Lokalisierung und Charakterisierung: Seismik und Infraraschall

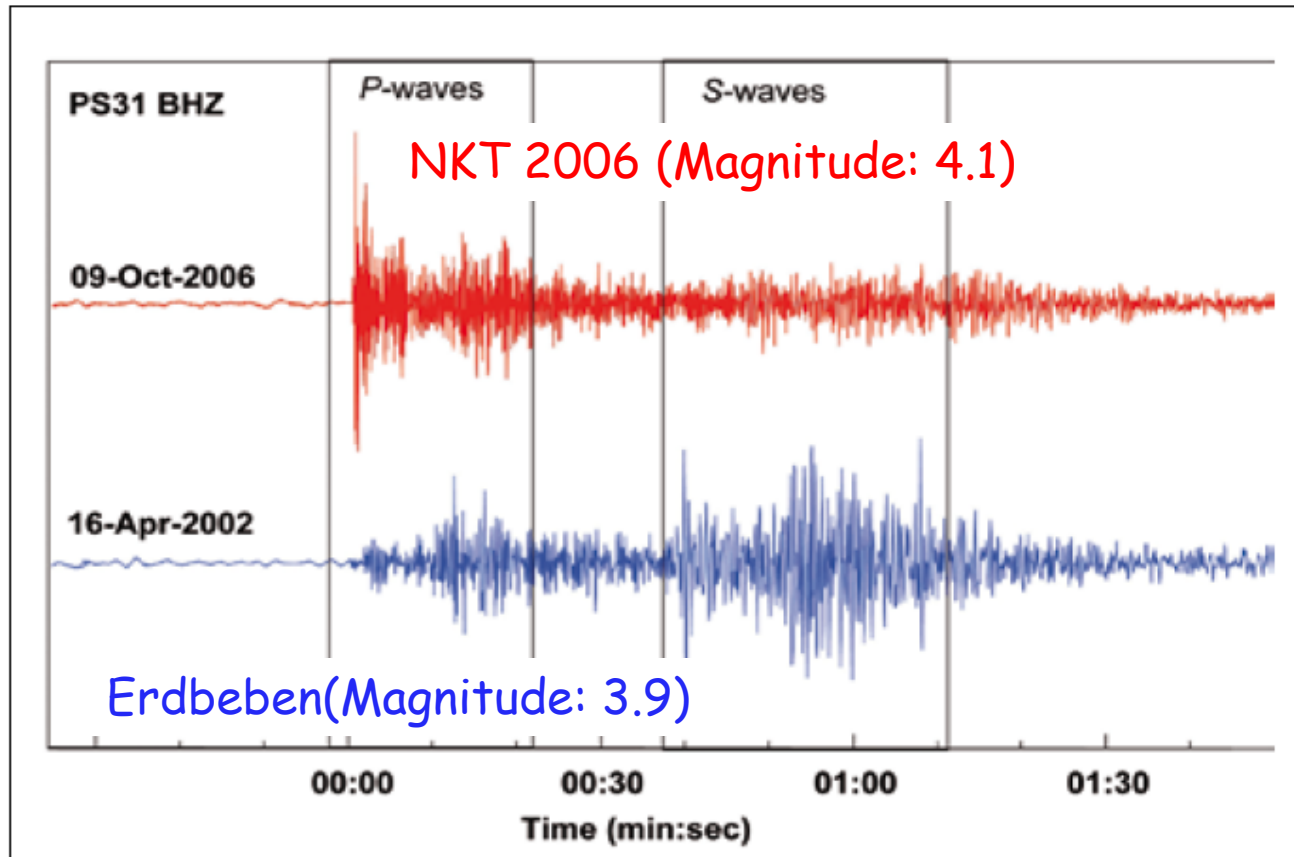


Ascension Island

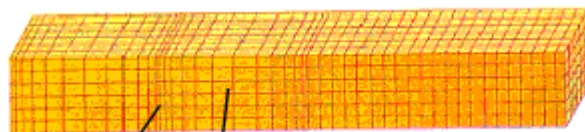
Ross Island in Antarctica



Seismik: Erdbeben oder Explosion?

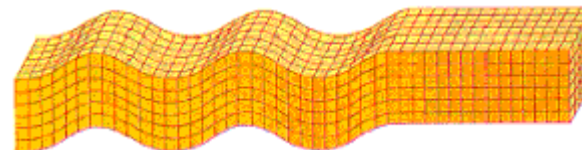


P-Wellen

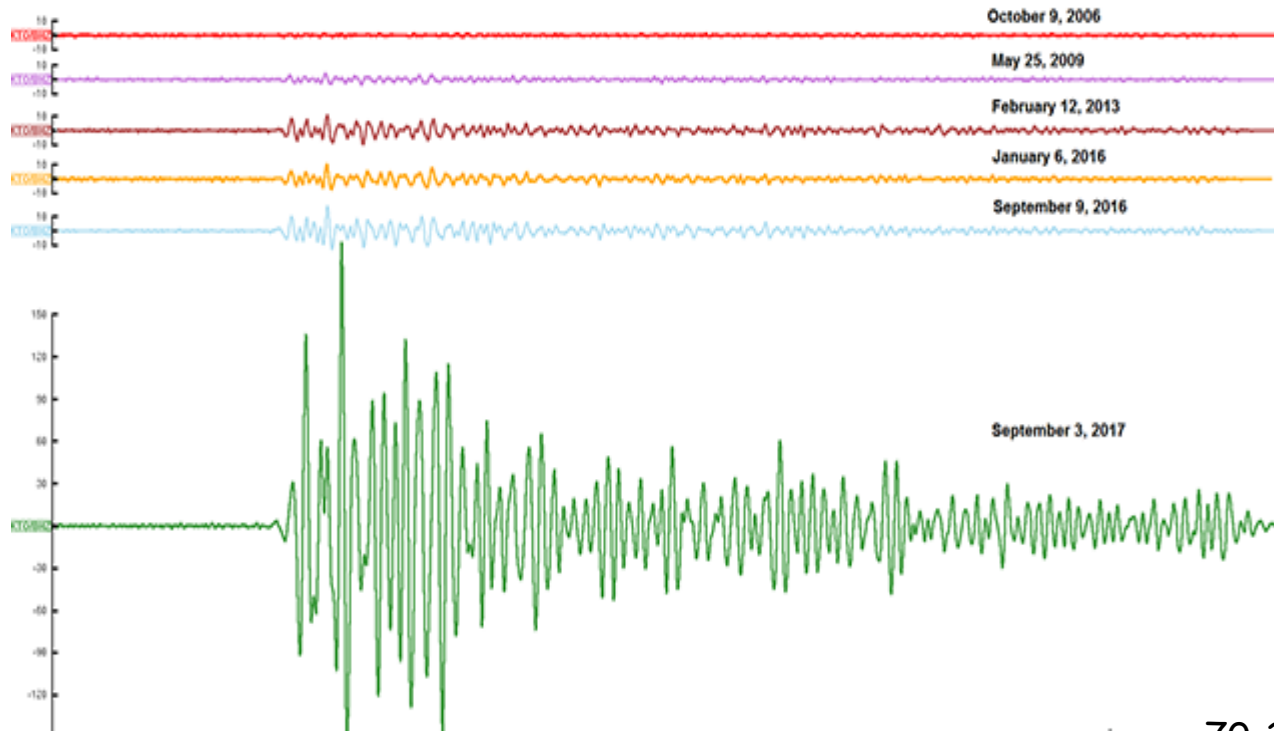


Kompression Dehnung

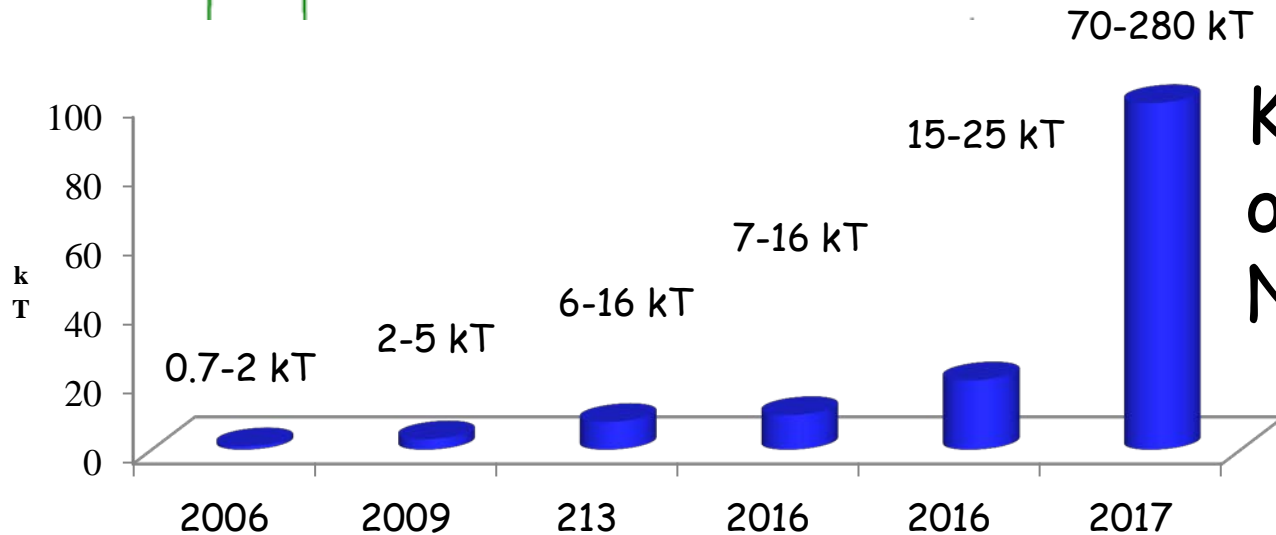
S-Wellen



Seismische Signale der bisherigen NK Tests



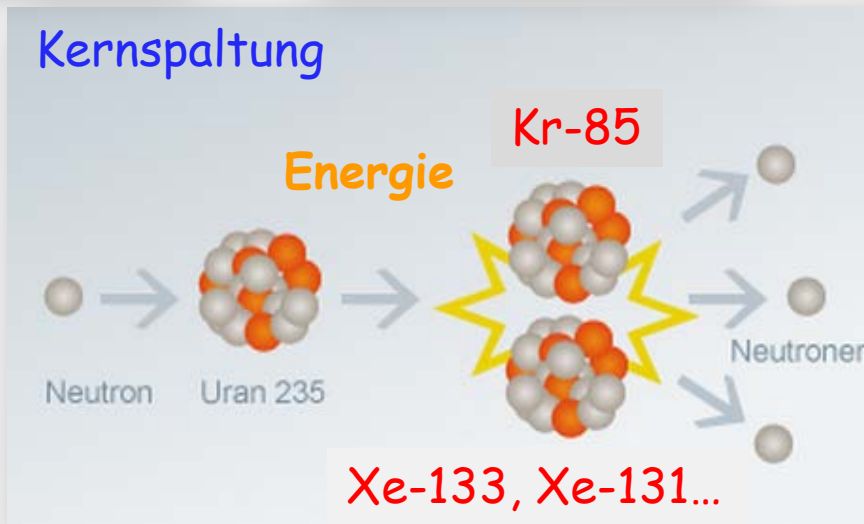
Sources:
 CTBTO
 South Korea's Ministry of National Defense



Konventionell
 oder
 Nuklear???

Zum Vergleich:
 Hiroshima 13 kT
 Nagasaki 21 kT

Nukleare Spaltprodukte

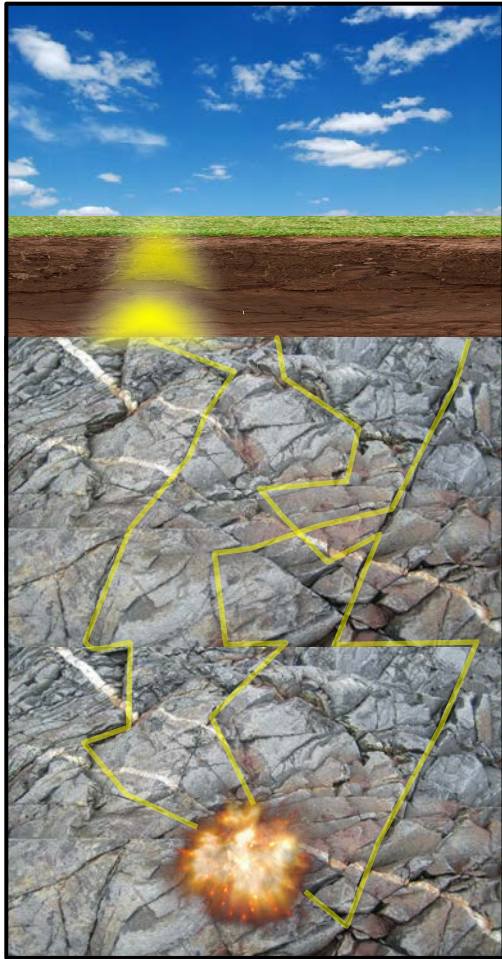


Nachweis

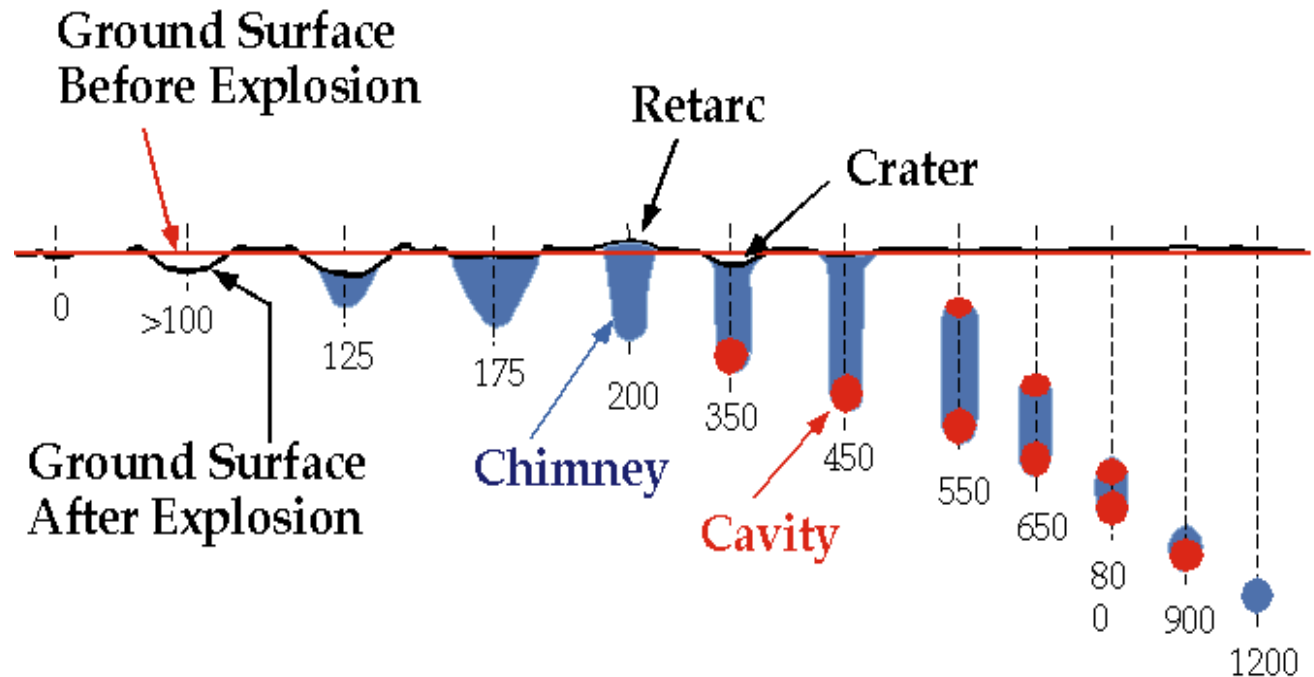
Radionuklidmessenstationen



Unterirdische Explosion: Wie gelangen die Gase an die Oberfläche?



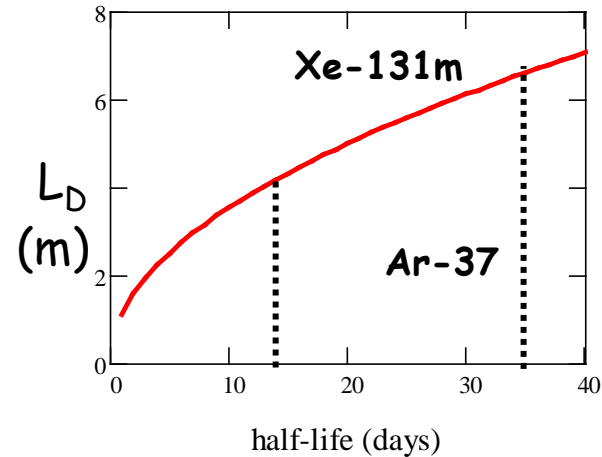
Crater Formation As A Function Of Depth Of Burial



Wie effektiv ist Diffusion?

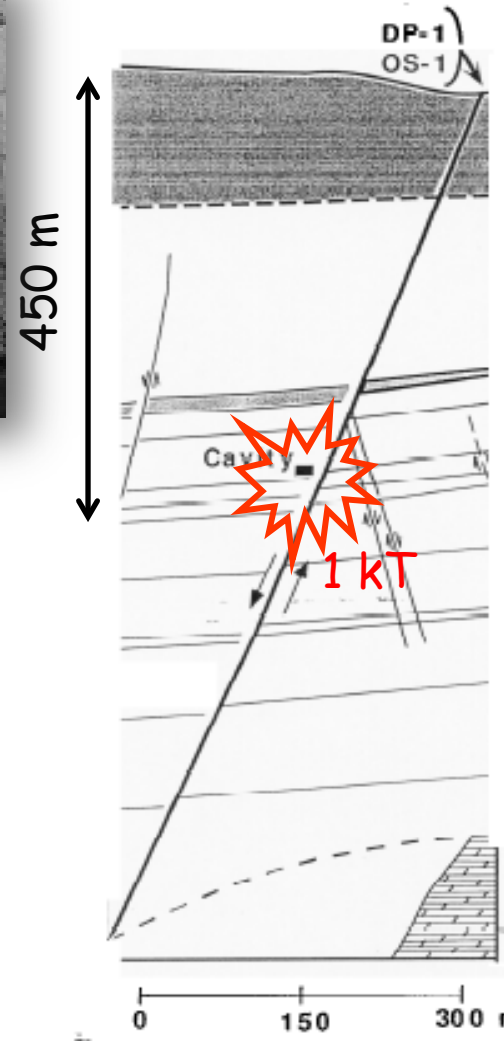


Diffusionslänge $L_D = \sqrt{\frac{D}{\lambda}}$



- Man kann zeigen
Diffusion ist zu
langsam. Hoffnungslos?

Nonproliferation Experiment (NPE)



Erste Detektion an der Oberfläche nach

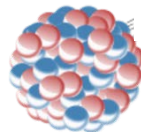
Testgase

^3He (Massenzahl = 3)



? 375 Tagen

SF_6 (Massenzahl = 146)

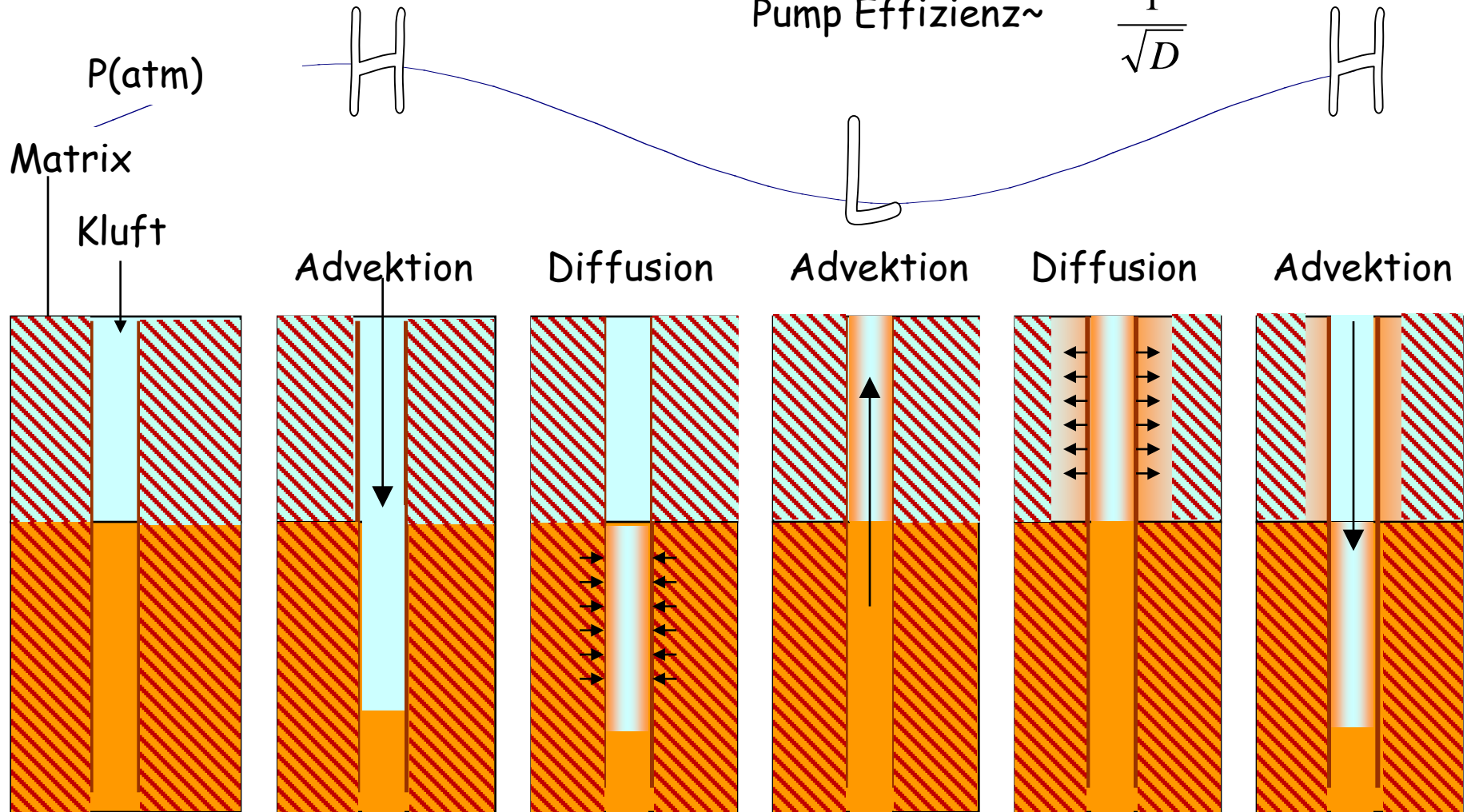


? 50 Tagen

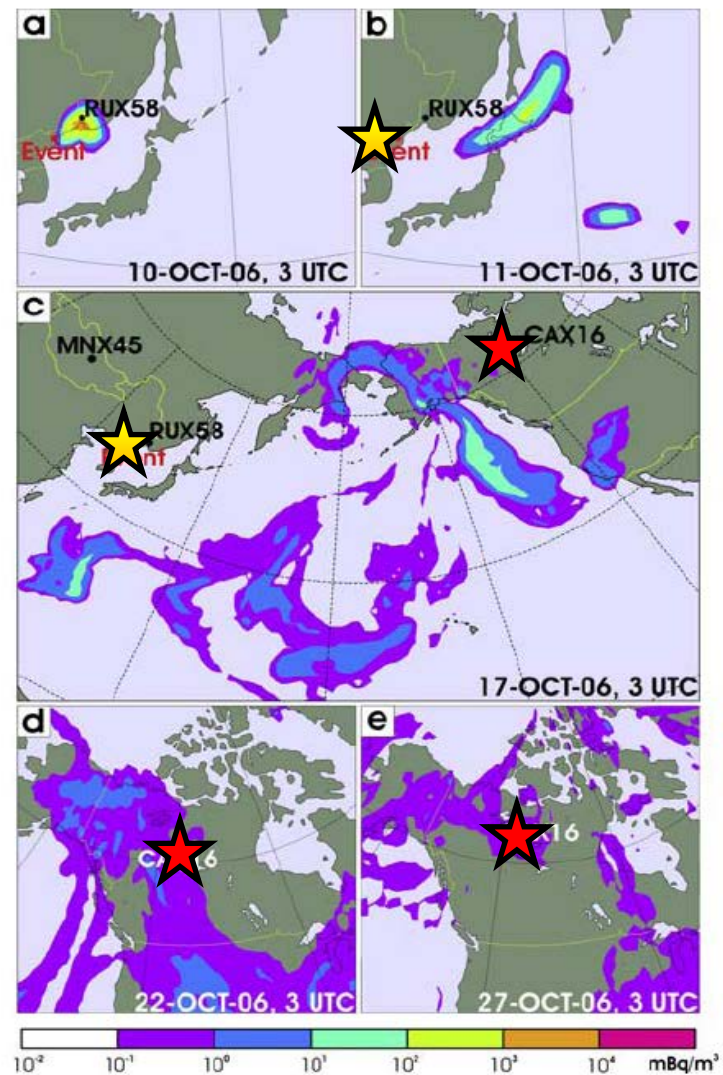
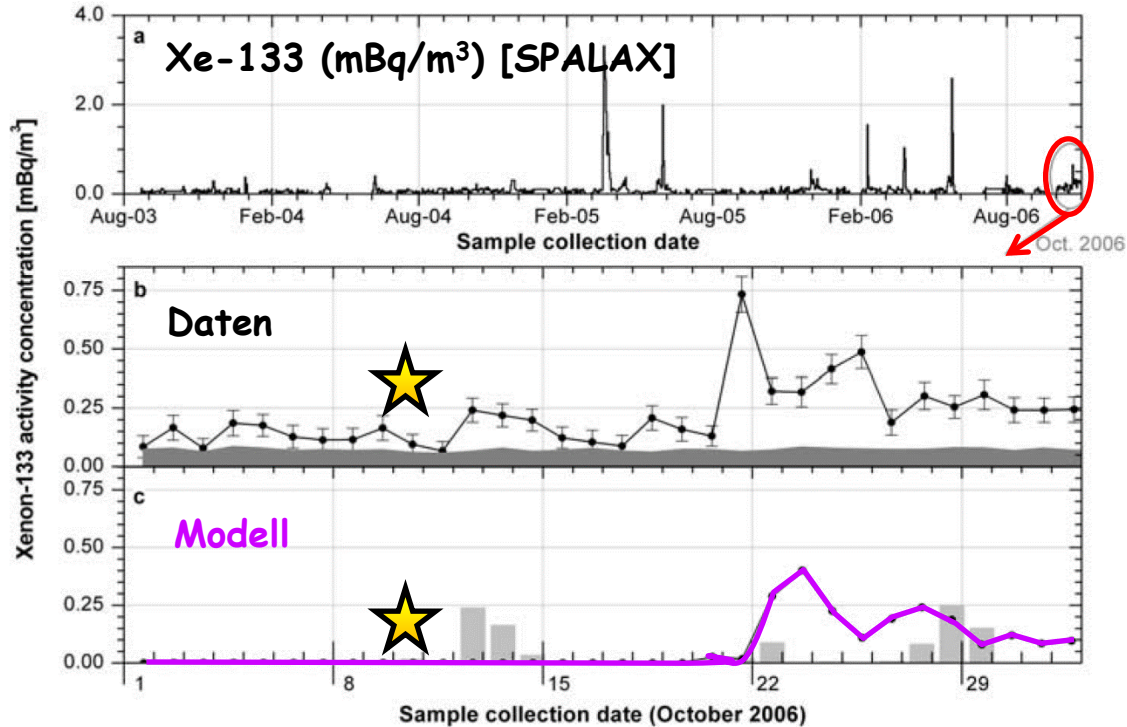
Erklärung: Barometrisches Pumpen

- Reine Bodenluft
- Gase von Explosion

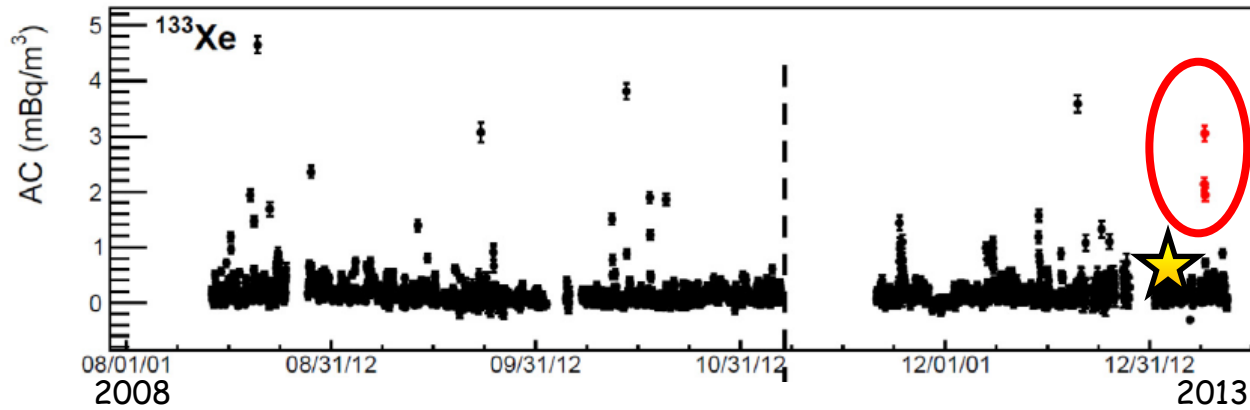
Pump Effizienz ~ $\frac{1}{\sqrt{D}}$



Nordkorea Test vom 9. Oktober 2006: Xenon-133, Station Yellowknife, Kanada

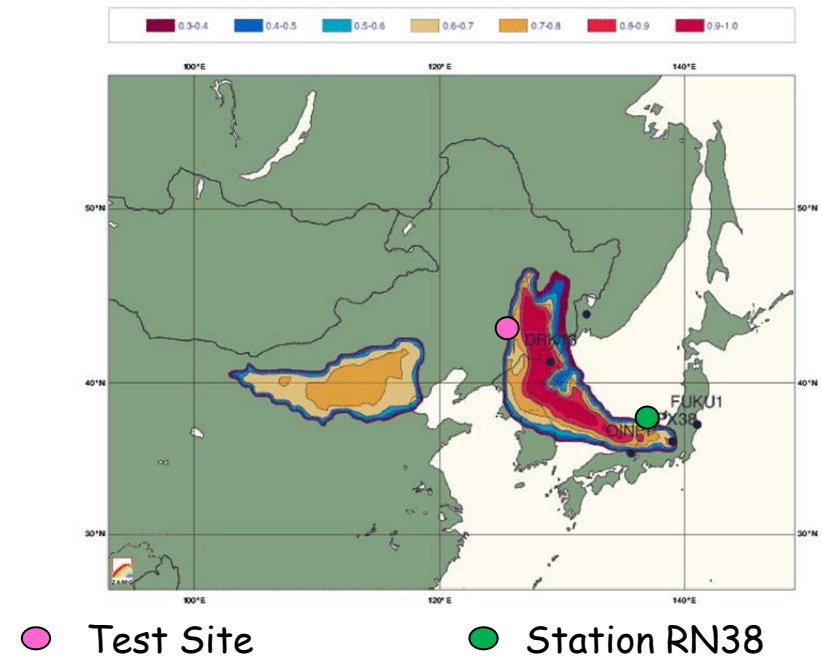


Nordkorea Test vom Februar 2013, Station Takasaki, Japan



Transportmodellierung

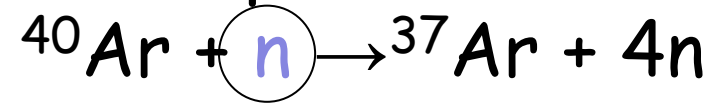
133Xe Peak 55! Tage
nach Test



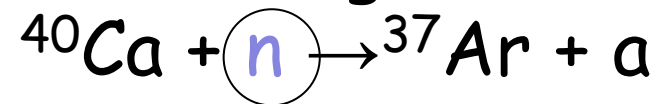
Verbesserte Methode Uni Bern: Ar-37

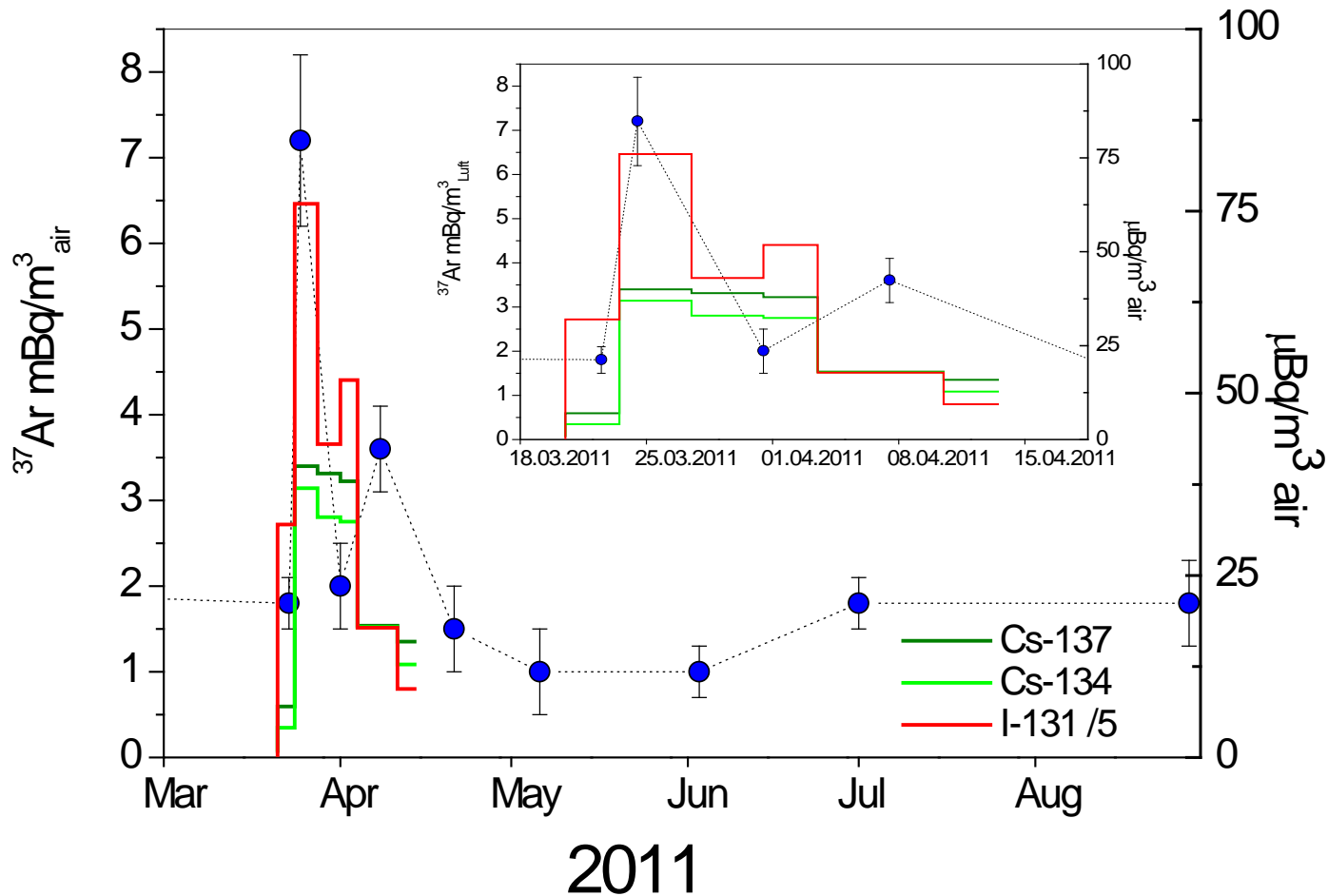


Atmosphäre



Im Untergrund





- Ar-37 Anstieg in Bern 2 Wochen nach nach dem Unfall in Fukushima

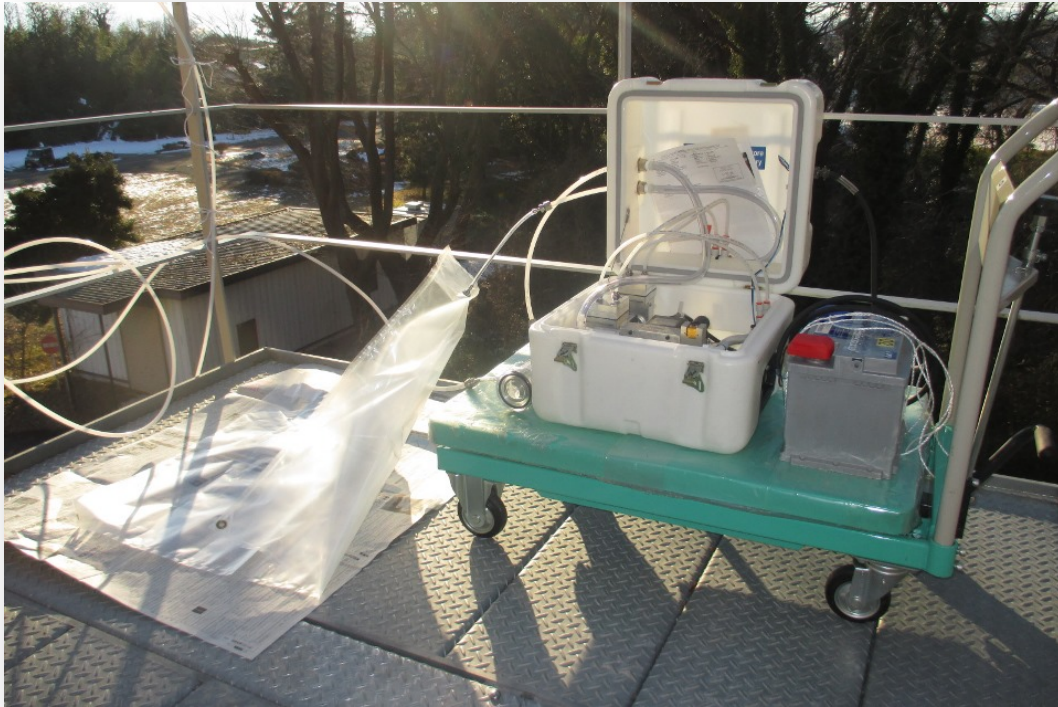
Zur Zeit Testphase in Japan und Südkorea

u^b

UNIVERSITÄT
BERN

DESCHGER CENTRE
CLIMATE CHANGE RESEARCH

Japan



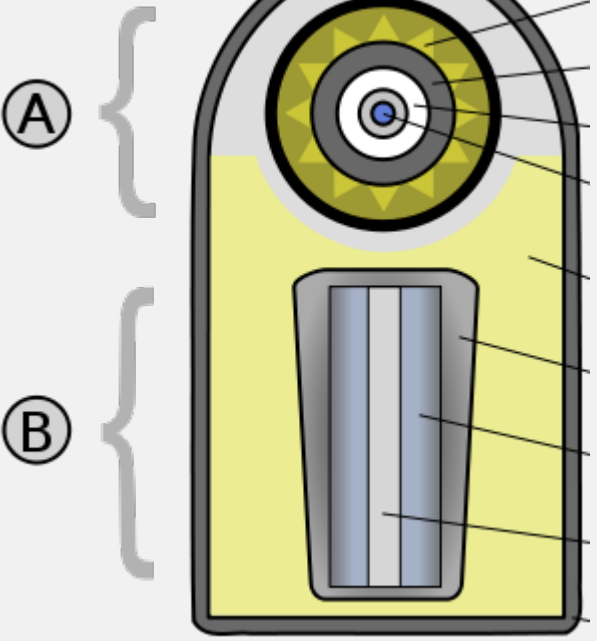
Uni Bern



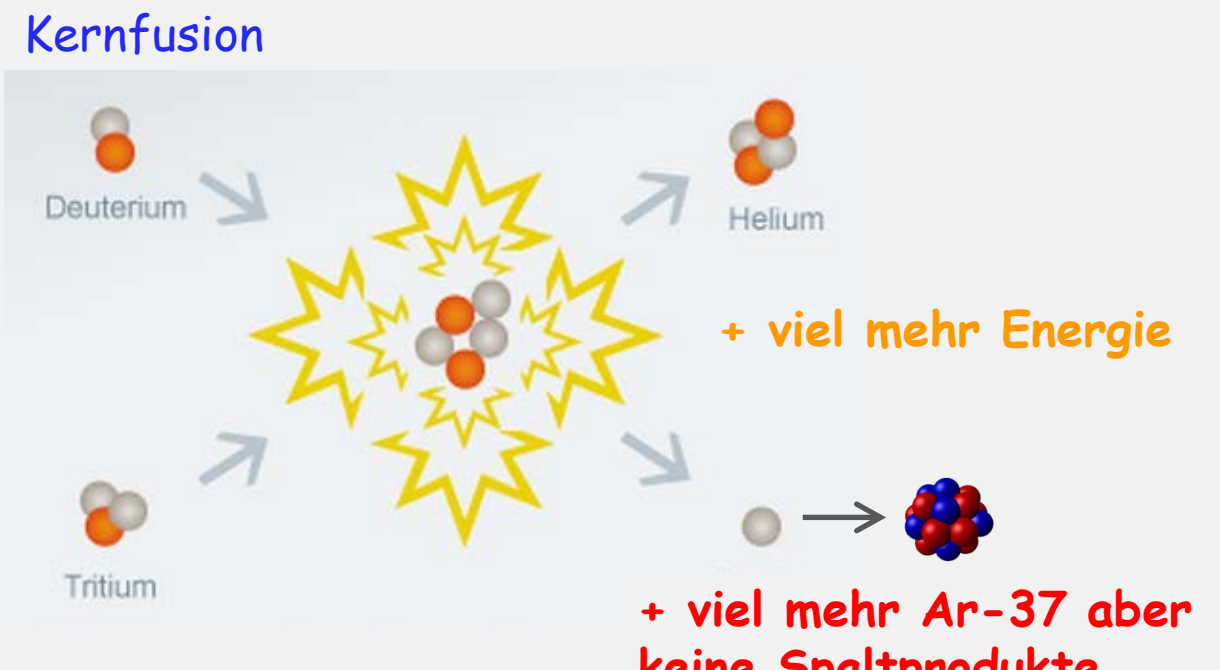
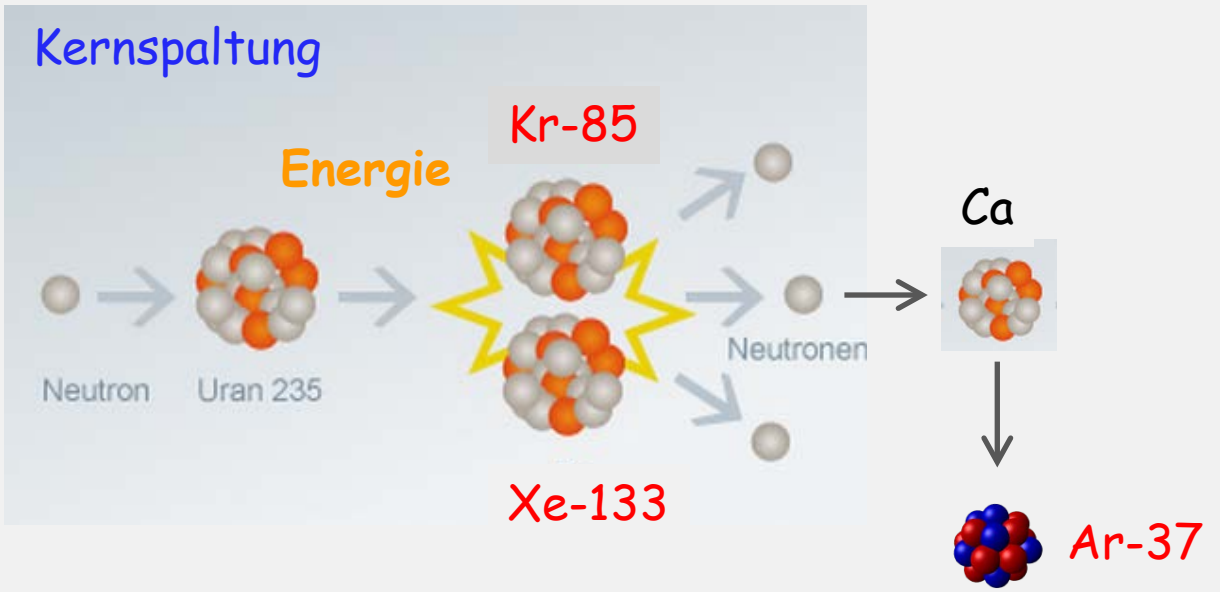
80 Liter Luft 400 ³⁷Ar Atome

Davon zerfallen in 4 Tagen 30 Stk

Wasserstoffbombe oder nicht?



A: Spaltbombe
B: Fusionsbombe



Spaltbombe

H-Bombe

Ar-37

Xe-133

Ar-37

Xe-133

Das Zählen weniger Edelgasatome
kann vieles zu Tage bringen was
sonst verborgen wäre.

Danke für die Aufmerksamkeit