

## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (1)

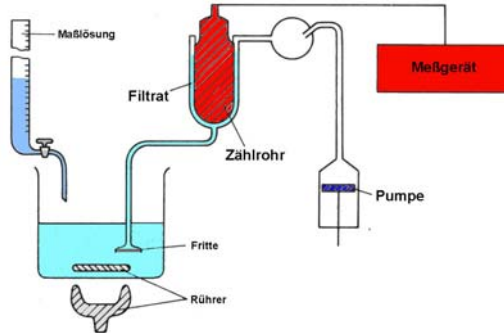
### Analytische Anwendungen (Radiometrische Titration)

Der radioaktive Stoff dient als Indikator

Fällungsreaktionen

Komplexbildungsreaktionen

Prinzip einer Fällungstiteration:



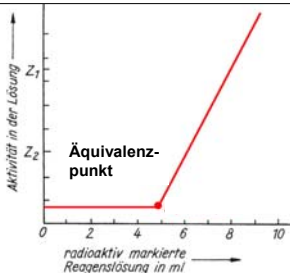
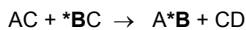
88

## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (2)

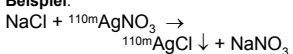
### Analytische Anwendungen (Radiometrische Titration)

#### Typ I

Titration eines nichtradioaktiven Stoffes mit einer radioaktiven Maßlösung

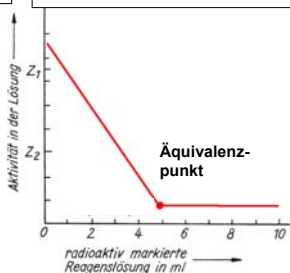
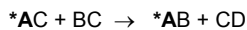


Beispiel:

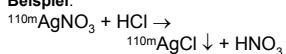


#### Typ II

Titration eines radioaktiven Stoffes mit einer nichtradioaktiven Maßlösung

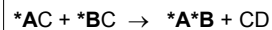


Beispiel:

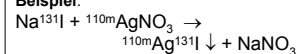


#### Typ III

Titration eines radioaktiven Stoffes mit einer radioaktiven Maßlösung



Beispiel:

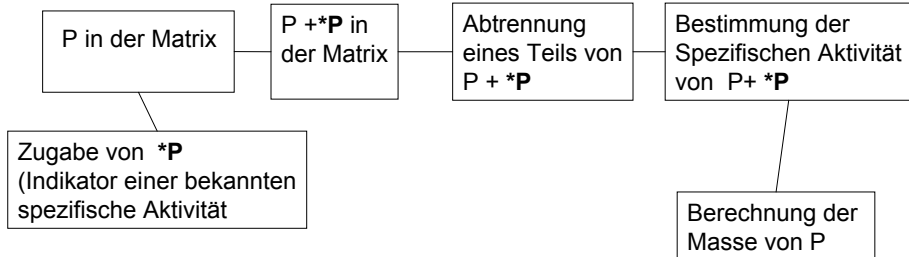


89

## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (3)

### Analytische Anwendungen (Isotopenverdünnungsanalyse)

- Änderungen in der spezifischen Aktivität einer Indikatorsubstanz (\*P) werden nach ihrer Zugabe zu einer unbekannt Menge der chemisch identischen Substanz gemessen
- Eine quantitative Abtrennung der unbekannt Substanz ist zu ihrer quantitativen Bestimmung nicht notwendig



#### Anwendungen:

- Dopinganalyse
- Biochemische and pharmazeutische Forschung
- Blutvolumenbestimmung in der Medizin

90

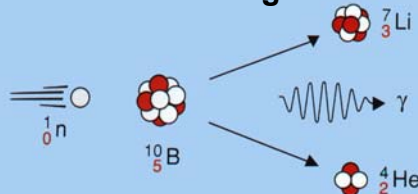
## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (4)

### Analytische Anwendungen (Neutronenaktivierungsanalyse)

#### Prinzip:

- Hochempfindliche Elementaranalyse
- Bildung (**weniger**) radioaktiver Atome eines Elements in einer nichtradioaktiven Probe durch Beschuss mit thermischen Neutronen
- Messung der dadurch induzierten Radioaktivität
- Die Intensität der Radioaktivität ist ein Maß für die Konzentration des (aktivierten) Elements
- In Abhängigkeit vom verwendeten „Neutronenlieferanten“ (Kernreaktor oder Neutronenquelle) können nahezu alle chemischen Elemente untersucht werden

#### Neutroneneinfang



91

## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (5)

### Analytische Anwendungen (Neutronenaktivierungsanalyse)

#### Vorteile:

- Zerstörungsfrei bei Proben bis zu einer Größe von einigen cm<sup>3</sup>
- Probe und Standard können das Element in unterschiedlicher chemischer Form enthalten
- hohe Empfindlichkeit

#### Nachteile:

- kostenintensiv (Neutronquelle oder ein Kernreaktor ist nötig)
- Strahlenschutz und (teilweise) Abfallbehandlung
- unerwünschte Aktivierung von Nachbar-elementen durch Aktivierung mit thermischen Neutronen

#### Anwendung in :

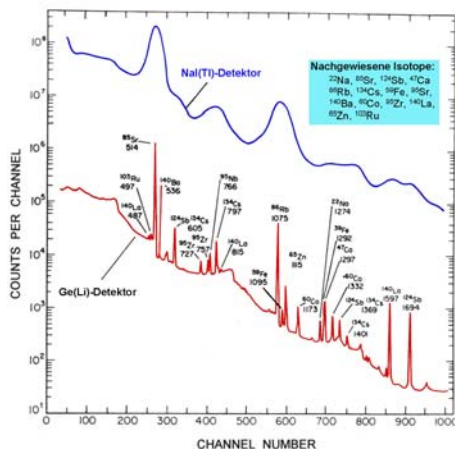
- **Geologie, Bergbau, Kosmologie** (sehr viele Proben, Multielementanalyse, hohe Genauigkeit)
- **Umweltschutz** (große Probenmengen, hohe Empfindlichkeit)
- **Materialforschung** (verschiedene Proben, mittlere Genauigkeit)

92

## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (6)

### Analytische Anwendungen (Neutronenaktivierungsanalyse)

#### Anwendung der NAA zur Spurenanalyse von Metallen in Meerwasser



#### Nachweisgrenzen der NAA für 71 Elemente:

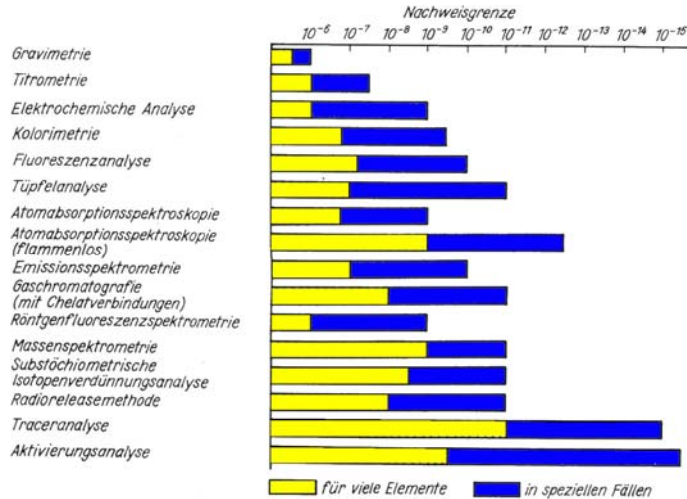
Nachweisgrenze in µg	Elemente
10 – 30	Si, S, Fe
1 – 4 x 10 <sup>-1</sup>	F, Ne, Ca, Cr, Zr, Tb
4 – 9 x 10 <sup>-2</sup>	K, Ni, Rb
1 – 3 x 10 <sup>-2</sup>	Mg, Cl, Ti, Zn, Se, Sn, Ce, Tm, Ta, Th
4 – 9 x 10 <sup>-3</sup>	Ar, Mo, Pr, Gd
1 – 3 x 10 <sup>-3</sup>	Co, Ge, Nb, Ru, Cd, Sb, Te, Xe, Nd, Yb, Pt, Hg
4 – 9 x 10 <sup>-4</sup>	Na, Al, Cu, Ga, As, Sr, Pd, I, La, Er
1 – 3 x 10 <sup>-4</sup>	Sc, Br, Y, Ba, W, Re, Os, U
4 – 9 x 10 <sup>-5</sup>	V, Ag, Cs, Sm, Hf, Ir, Au
1 – 3 x 10 <sup>-5</sup>	Kr, Rh, In, Eu, Ho, Lu
4 – 9 x 10 <sup>-6</sup>	Mn
1 – 3 x 10 <sup>-6</sup>	Dy

93

## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (7)

### Analytische Anwendungen (Neutronenaktivierungsanalyse)

#### Radioanalytische Techniken im Vergleich mit konventionellen Methoden



94

## 7) Anwendungen radioaktiver Strahlung in Wissenschaft und Technik (8)

### Analytische Anwendungen (Datierung mit radiometrischen Methoden)

#### Radiocarbonmethode

- Datierung archäologischer Proben im Altersbereich zwischen 250 - 40 000 Jahren
- <sup>14</sup>C, das durch kosmische Strahlung gebildet wird, wird schnell zu CO<sub>2</sub> oxidiert
- CO<sub>2</sub> wird von Pflanzen assimiliert und in alle Stoffwechselprodukte eingebaut
- Verteilung über die Nahrungskette in Tiere und Menschen – quasistationäres GGW zwischen <sup>14</sup>C-Bildung und Zerfall in der Biosphäre
- Die <sup>14</sup>C-Aufnahme endet mit dem Tod des Organismus, ab dann findet nur noch <sup>14</sup>C-Zerfall statt
- Je älter eine archäologische Probe ist, umso kleiner ist ihr <sup>14</sup>C-Gehalt
- Für eine exakte Datierung sind zahlreiche Korrekturen nötig

<sup>14</sup>C:

**Bildung**  ${}^{14}_7N + {}^1_0n \rightarrow {}^{14}_6C + {}^1_1p$

**Zerfall**  ${}^{14}_6C \rightarrow {}^{14}_7N + {}^0_{-1}e$   
T<sub>1/2</sub> = 5730 a

Andere kosmogene Radionuklide, die in ähnlicher Weise verwendet werden:

Nuklid	Halbwertszeit	Bereich der Datierung
<sup>3</sup> H	12.3 a	0.5 - 80 a
<sup>10</sup> B	1.6 x 10 <sup>6</sup> a	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>7</sup> a
<sup>26</sup> Al	7 x 10 <sup>5</sup> a	10 <sup>5</sup> - 10 <sup>6</sup> a
<sup>39</sup> Ar	269 a	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>4</sup> a

95

