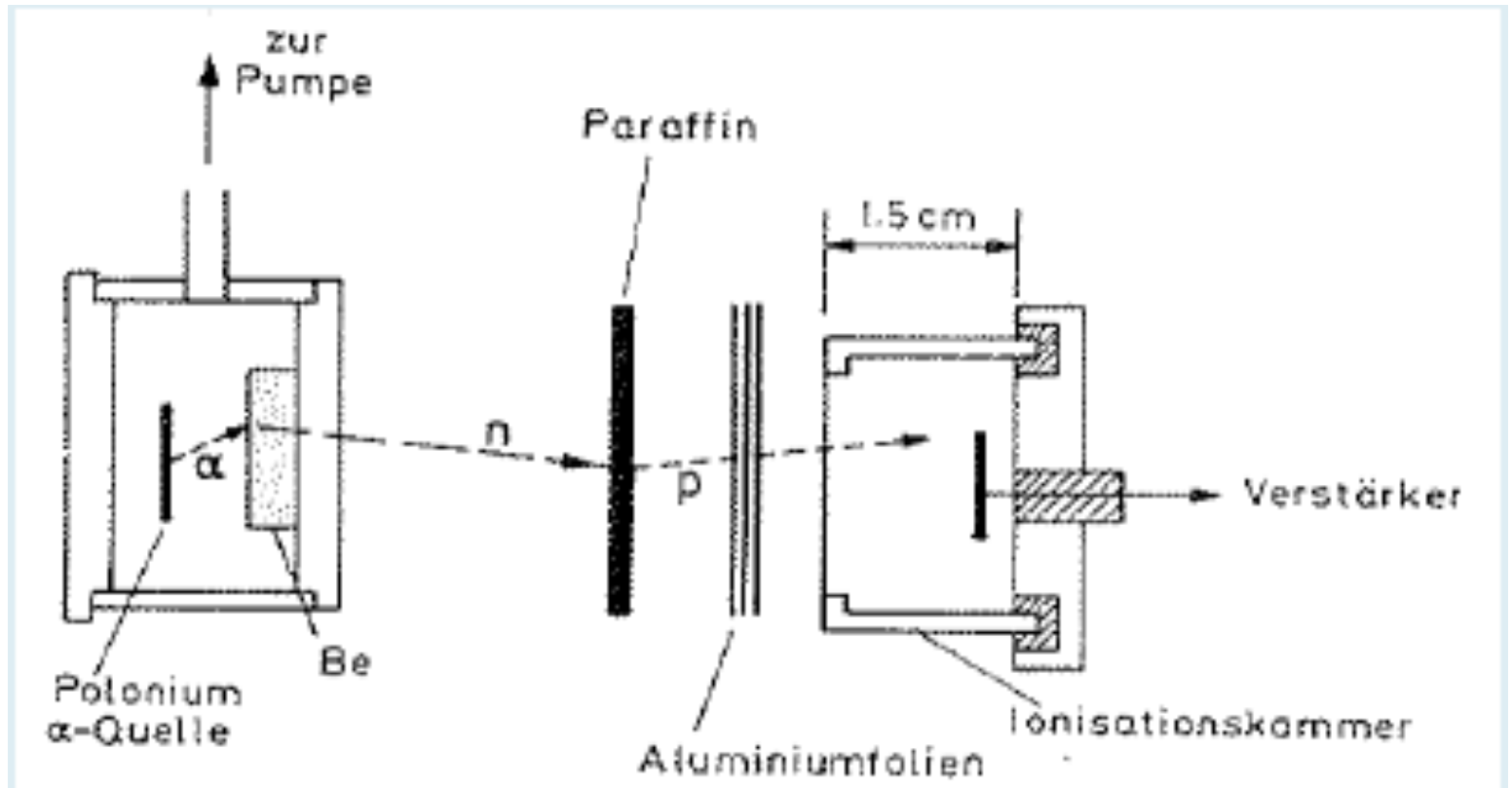


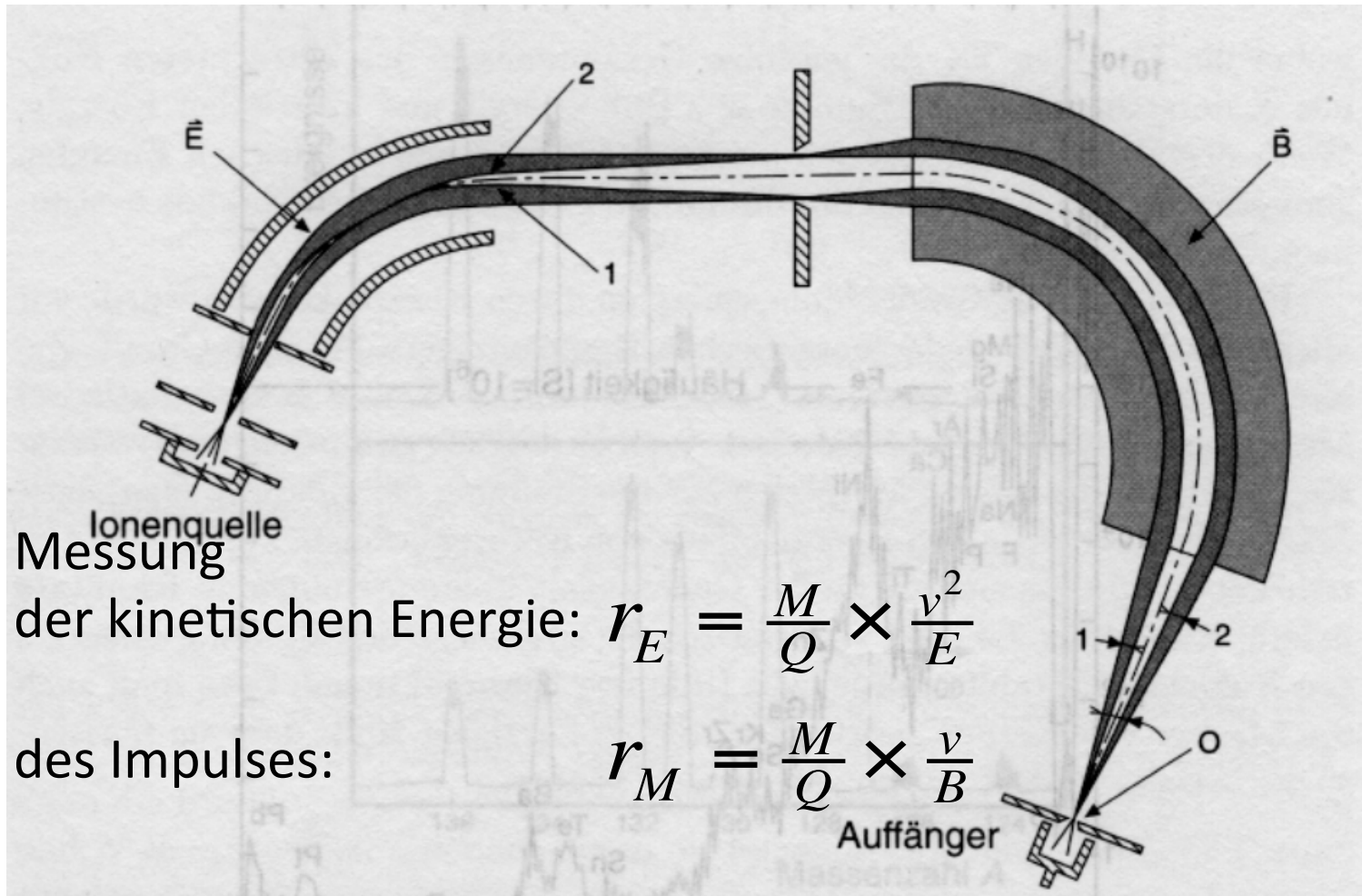
# KTA1

Slides to lecture on 16.10.2013

# Nachweis des Neutrons (Chadwick)

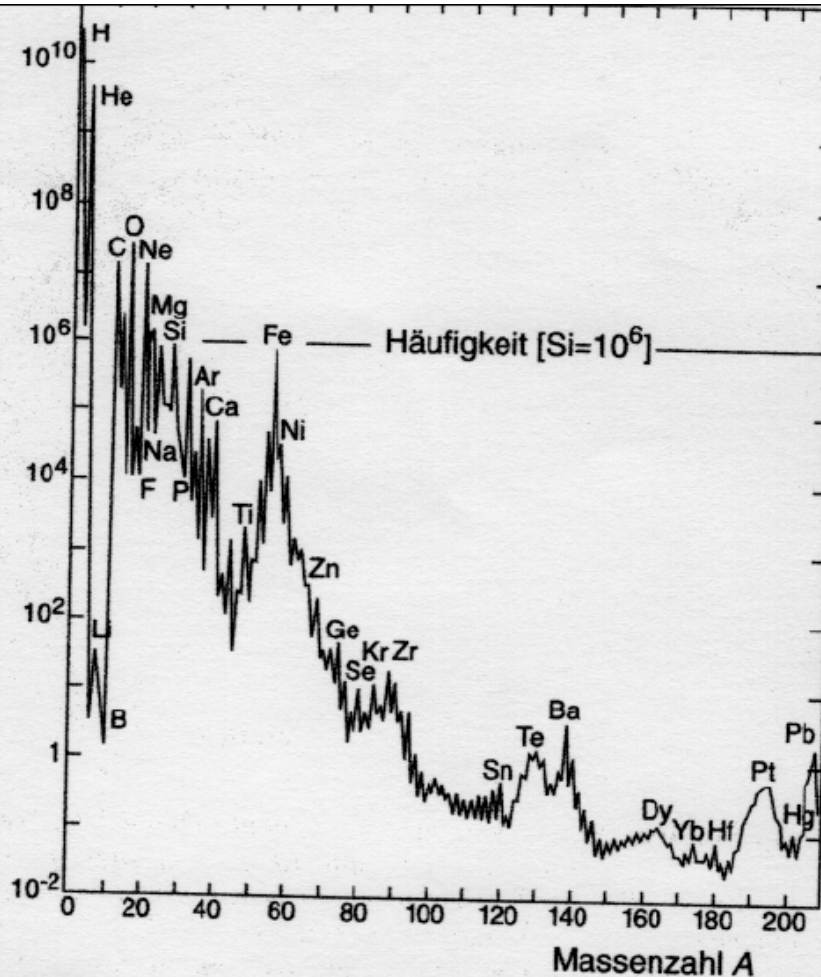


# Doppelfokussierendes Massenspektrometer



Atomare Masseneinheit:  $1u = 1/12 M(^{12}\text{C}) = 931.494 \text{ MeV}/c^2 = 1.66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$

# Häufigkeit der Elemente im Sonnensystem



**Abb. 2.2.** Häufigkeit der Elemente im Sonnensystem als Funktion der Massenzahl  $A$ . Die Häufigkeit des Siliziums wurde auf  $10^6$  normiert.

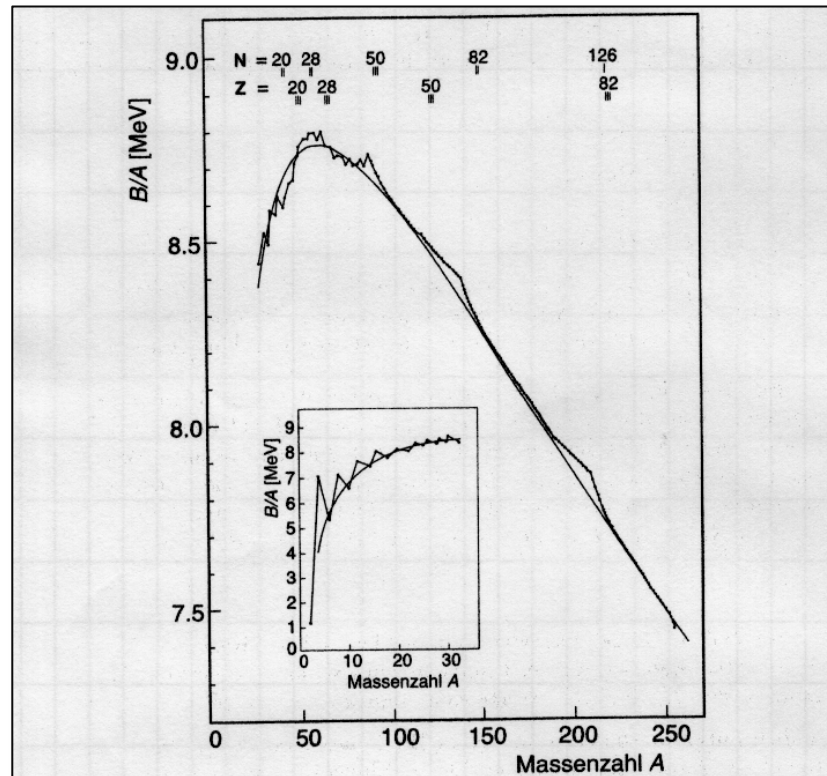
Produktion der Isotope

Leichte Elemente:  
frühes Universum

Elemente bis  $^{56}\text{Fe}$ :  
Kernfusion in Sternen

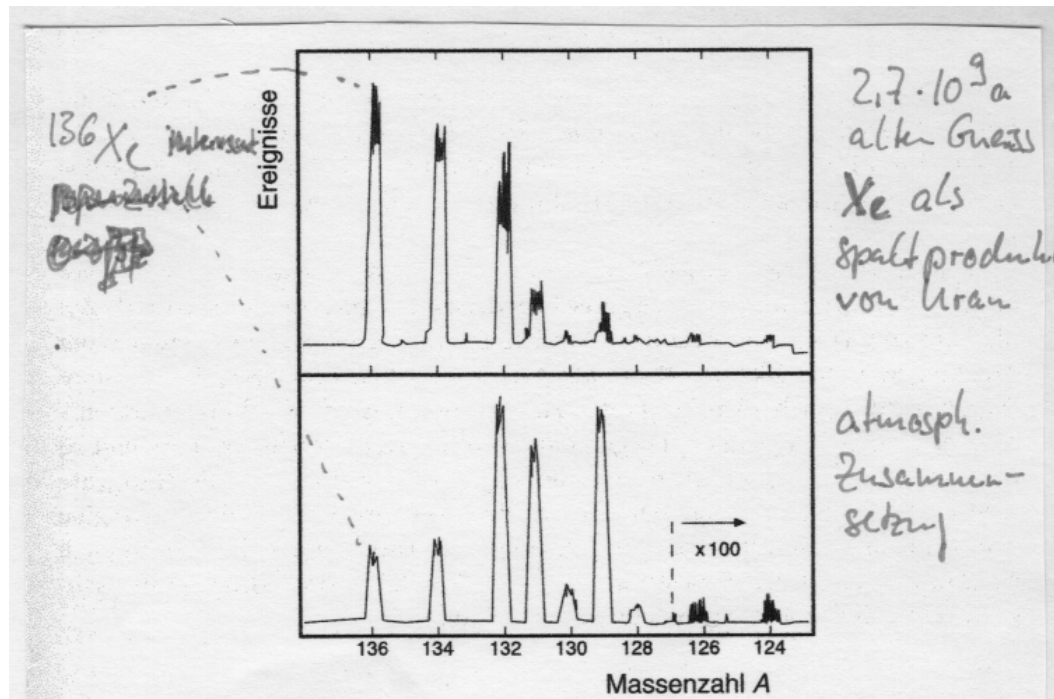
Schwere Elemente:  
Explosion massiver  
Sterne (Supernovae)

# Bindungsenergie pro Nukleon



**Abb. 2.4.** Bindungsenergie pro Nukleon von Kernen mit gerader Nukleonenzahl  $A$ . Die durchgezogene Linie entspricht der Weizsäcker-Massenformel (2.8). Kerne mit wenigen Nucleonen zeigen größere Abweichungen vom generellen Trend und müssen einzeln betrachtet werden. Auch bei schweren Kernen beobachtet man generell eine etwas stärkere Bindung pro Nukleon bei gewissen Protonen- und Neutronenzahlen. Auf diese sogenannten „magischen Zahlen“ werden wir in Abschn. 17.3 zu sprechen kommen.

# Isotopenverhältnis gibt Hinweis auf Herkunft!



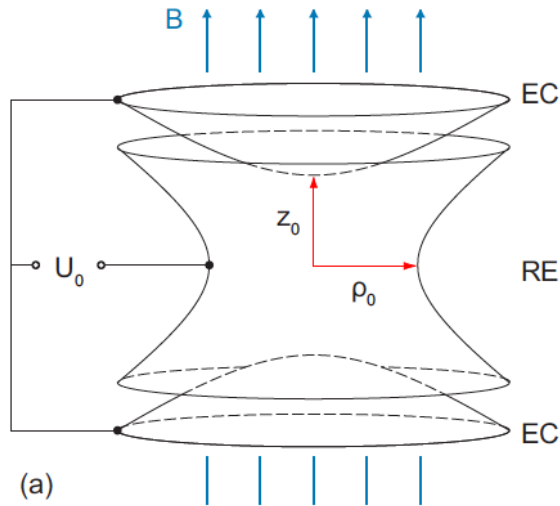
**Abb. 2.3.** Massenspektrum von Xenon-Isotopen, in ca.  $2.7 \cdot 10^9$  Jahre altem Gneiss aus einem Bohrkern von der Halbinsel Kola (*oben*) im Vergleich zu dem Spektrum der atmosphärischen Zusammensetzung der Xe-Isotope (*unten*). Die Xe-Isotope des Gneisses sind durch spontane Spaltung von Uran entstanden. (Dieses Bild hat uns Klaus Schäfer, Max-Planck-Institut für Kernphysik, freundlicherweise zur Verfügung gestellt.)

Z. Zeit: Ar aus Erdgasquellen: ~~...~~

$$\left[ ^{39}\text{Ar} \right]_{\text{Erdgas}} \approx \frac{1}{100} \left[ ^{39}\text{Ar} \right]_{\text{nat}}$$

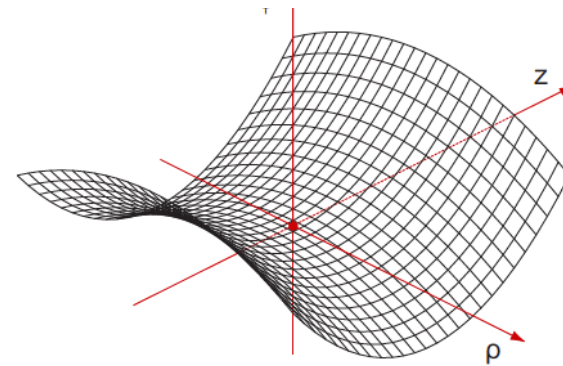
# q/m Bestimmung mit Penning Trap

Überlagerung eines statischen  
quadrupol E-Feld und homogenem B-Feld



The Nobel Prize in Physics 1989

Norman F. Ramsey, Hans G. Dehmelt, Wolfgang Paul



**Figure 3.1:** (a) Hyperbolic trap-electrode structure. The inner radius of the ring electrode (RE) is given by  $\rho_0$  and the distance from the center of the trap to the endcaps (ECs) is  $z_0$ . The trapping voltage  $U_0$  is applied between the endcaps and the ring electrode, while the homogeneous magnetic field  $\vec{B}$  points in the axial direction. (b) Resulting quadrupolar electrostatic potential  $\phi$ .

homogeneous magnetic field  $\vec{B} = B_0 \hat{z}$

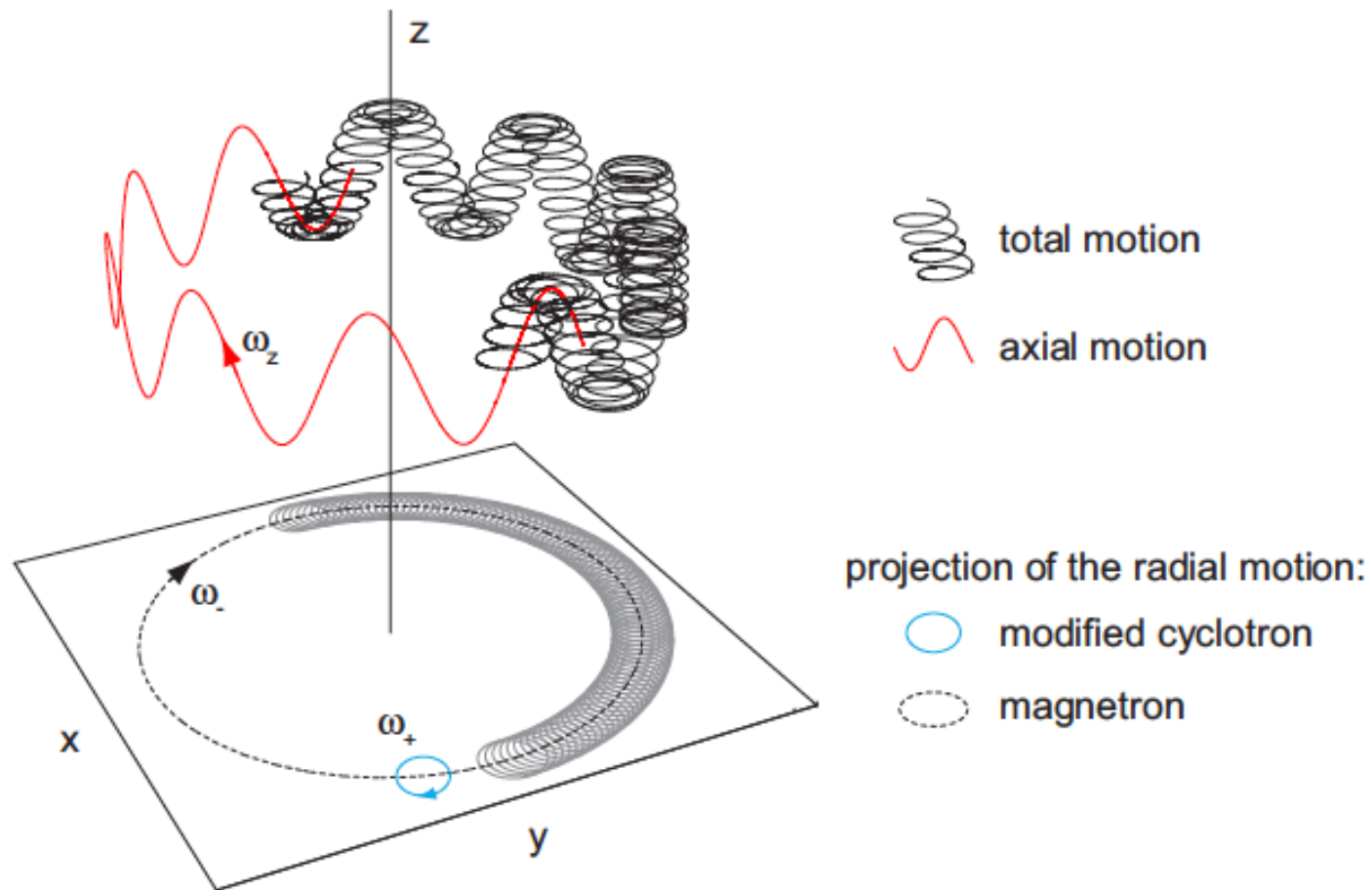
$$\omega_c = \frac{q}{m} \cdot B.$$

“free cyclotron frequency”

Electro-static quadrupol potential:

$$\phi(\rho, z) = c_2 U_0 \left( z^2 - \frac{x^2 + y^2}{2} \right) = c_2 U_0 \left( z^2 - \frac{\rho^2}{2} \right)$$

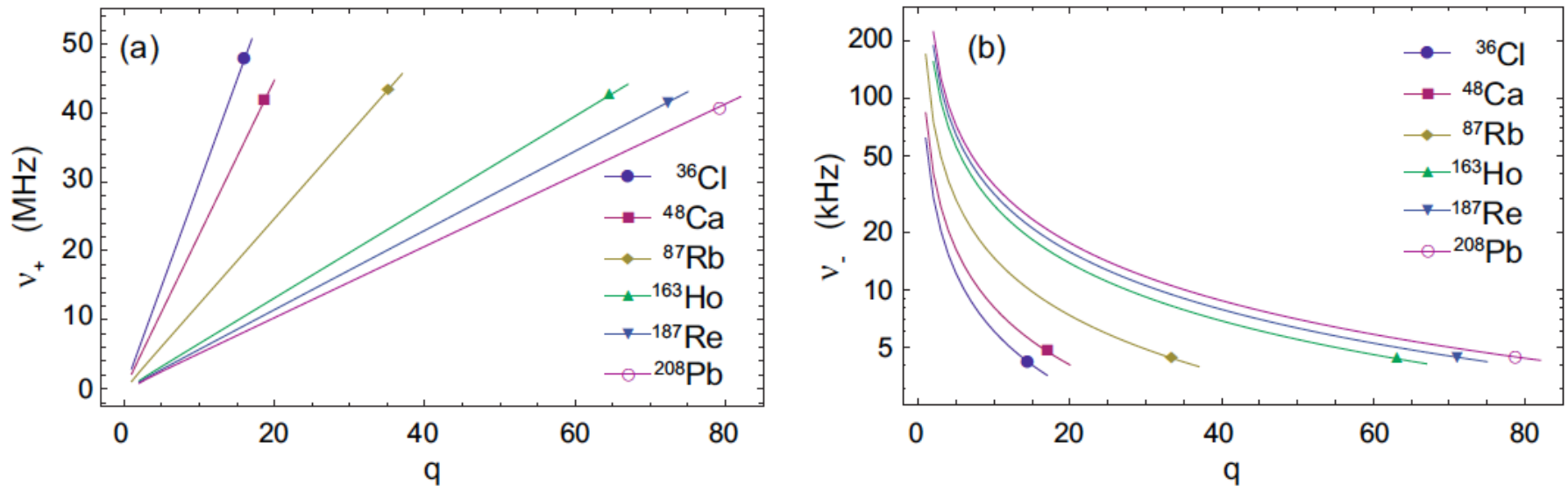
C. Roux, MPIK, 2012



**Figure 3.2:** Illustration of the trajectory of a charged particle in an ideal Penning trap, consisting of three independent motions. In the axial direction, the particle oscillates between the endcaps with the axial frequency  $\omega_z$ . In the radial direction two circular motions appear, the fast cyclotron motion with the frequency  $\omega_+$  and the slow magnetron drift with  $\omega_-$ . The superposition of all three eigenmotions leads to a complicated total trajectory, indicated by the black line.



# Anwendung: z.Bsp. Präzisionsbestimmung von Q-Werten von Beta-Zerfälle für Neutrinomassenbestimmung



**Figure 3.3:** (a) Reduced cyclotron frequencies  $\nu_+$  as a function of the charge state  $q$  for possible measurement candidates of PENTATRAP. (b) Corresponding magnetron frequencies  $\nu_-$ . The trap voltage  $U_0$  is adjusted for each charge state, such that an axial frequency of  $\nu_z = 600$  kHz results.