

# Nukleon-Nukleon-Reaktionen

Eigenschaften des Nukleons

Formalismus zur Beschreibung der elastischen Streuung  
(Optisches Modell, Streuphasen) und von Reaktionen

Zwei-Nukleonen-Problem (Streulängen, NN-Potential, NN-Reaktionen)

Reaktionen zwischen Nukleonen und leichten Kernen

6. Vorlesung, TU Dresden 20.05.2008

Dr. Daniel Bemmerer



**Forschungszentrum  
Dresden** Rossendorf

## 1. Vorlesung, 08.04.2008

- Starke Wechselwirkung, Ladungsunabhängigkeit, Einführung des Isospins
- Eigenschaften der Nukleonen: Masse und Lebensdauer
- Kinematik nichtrelativistisch

## 2. Vorlesung, 15.04.2008

- Kinematik relativistisch
- Das Deuteron

## 3. Vorlesung, 22.04.2008

- Das Deuteron im elektromagnetischen Feld
- Reziprozitätssatz (*detailed balance theorem*)
- Synthese und Photodissoziation des Deuterons
- Astrophysikalisches: Bedeutung des Deuterons im Urknall

## 4. Vorlesung, 29.04.2008

- Rutherford-Streuung (klassisch)
- Optisches Modell, elastische Streuung

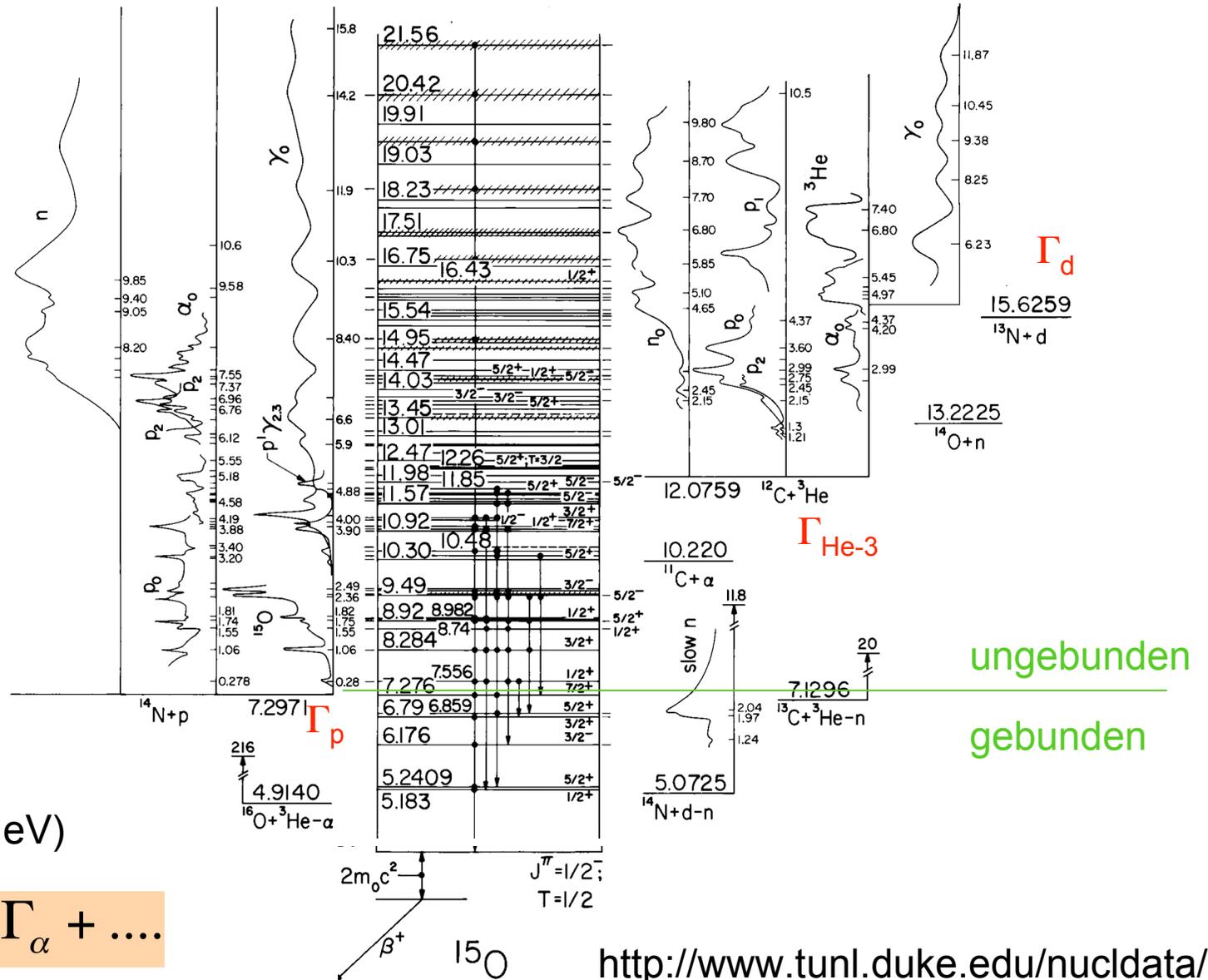
## 5. Vorlesung, 06.05.2008

- Rutherford-Streuung (quantenmechanisch)
- Resonanzen (Einführung)

## 6. Vorlesung, heute

- Breit-Wigner-Formel

Resonanz  
in der Reaktion  
 $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$   
=  
Energieniveau  
im Kern  $^{15}\text{O}$

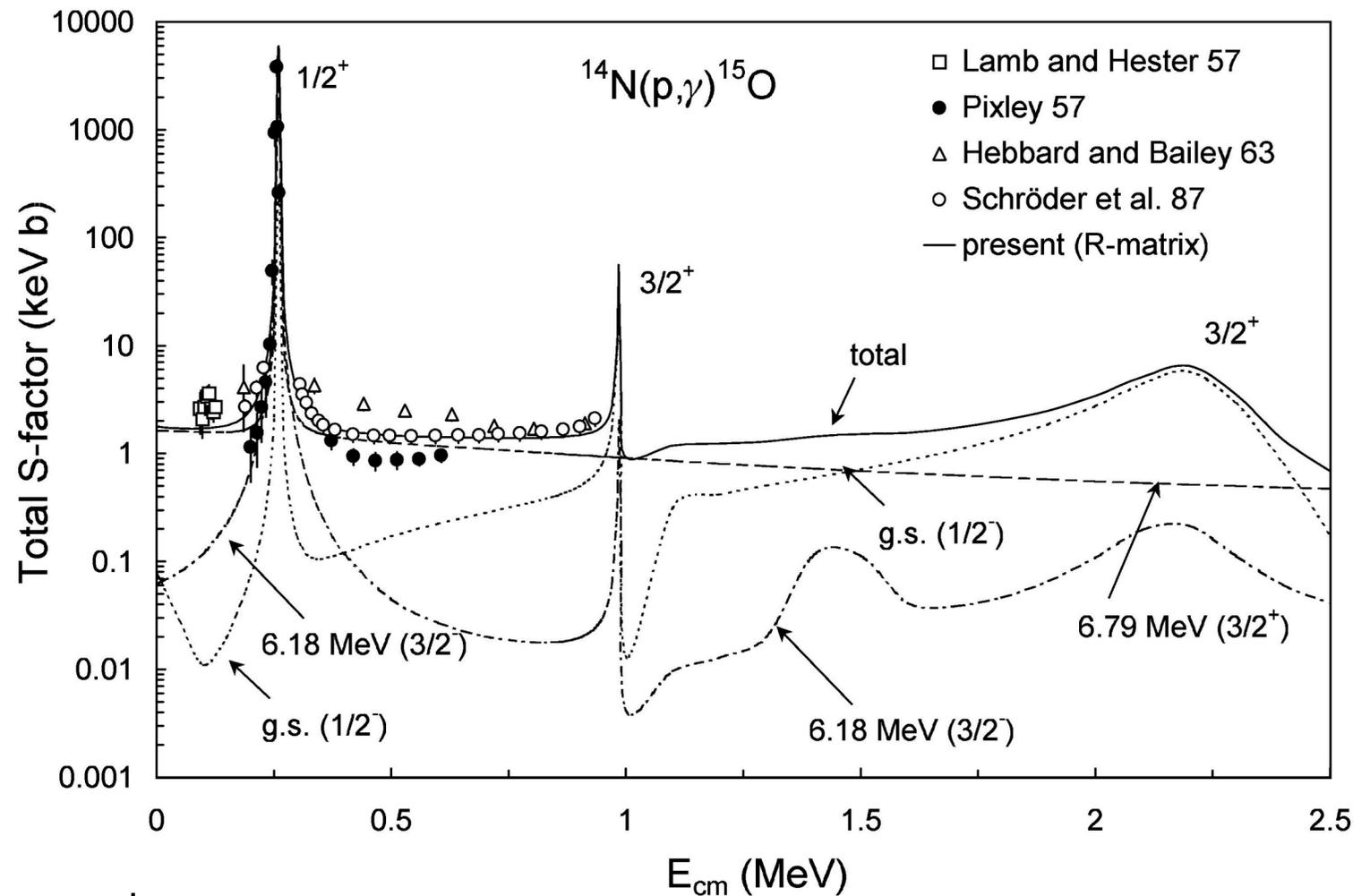


Energetische Breite (in eV)

$$\Gamma = \Gamma_p + \Gamma_\gamma + \Gamma_n + \Gamma_\alpha + \dots$$

<http://www.tunl.duke.edu/nucldata/>

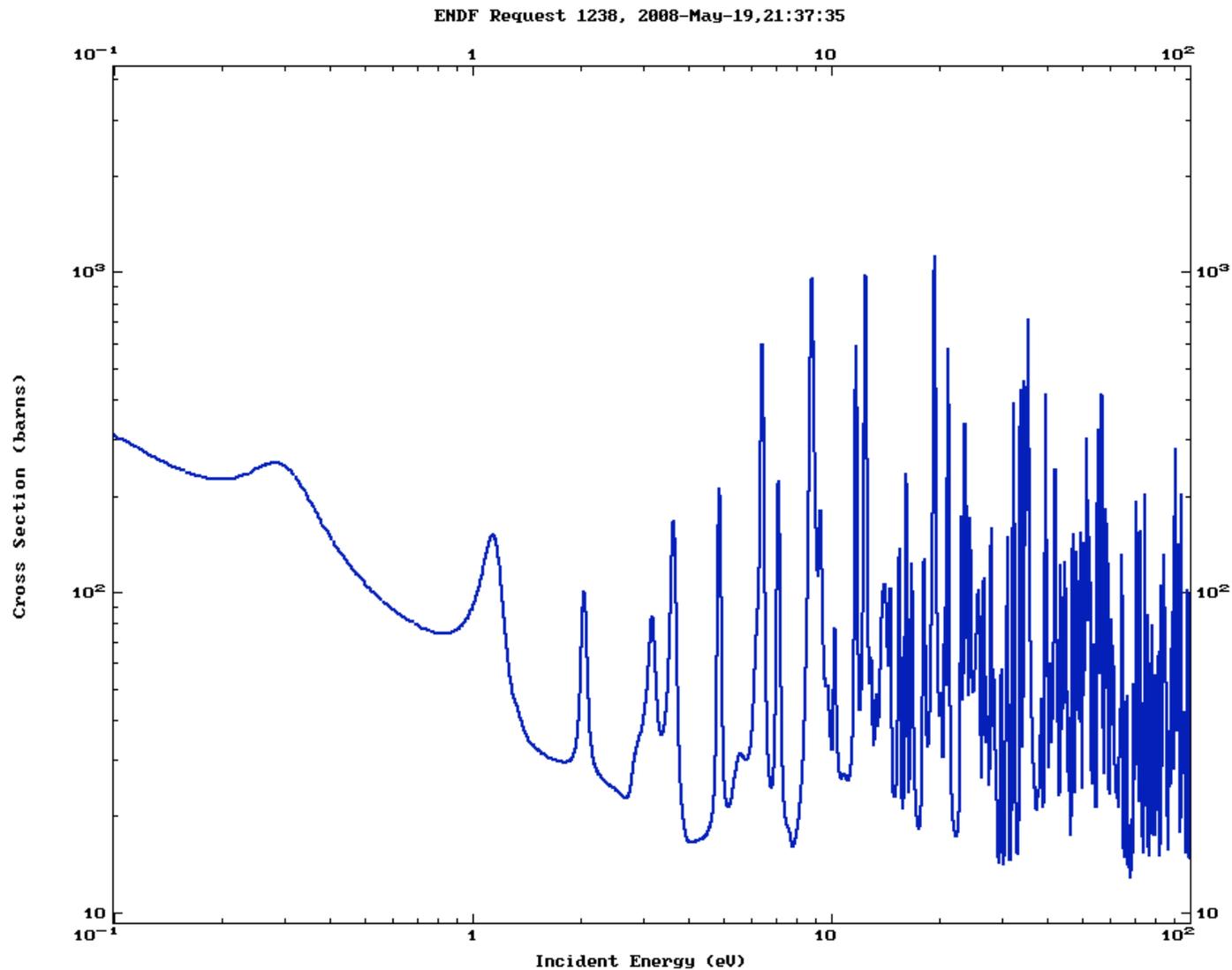
Resonanz =  
Spitze in der  
Anregungs-  
funktion



S-Faktor = Parametrisierung des  
Wirkungsquerschnitts

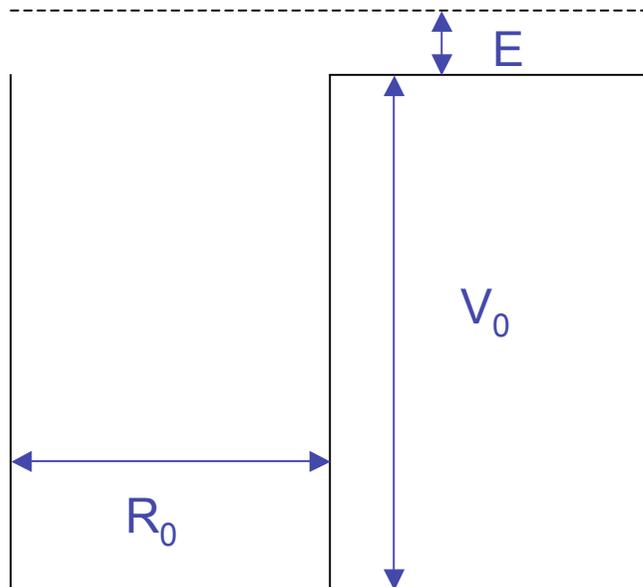
C. Angulo, P. Descouvemont, Nucl. Phys. A 690, 755 (2001)

# Noch mehr Resonanzen: Neutronenabsorption an $^{235}\text{U}$



<http://www-nds.iaea.org>

## Vertiefung: Wellenfunktion im Rechteckpotenzial, Drehimpuls Null



2. VL schon einmal, am Beispiel des Deuterons:

- Substituiere  $u(r) := r \psi(r)$
- Schrödinger-Gleichung

$$\frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{2\mu}{\hbar^2} [E - V(r)] u = 0$$

# Wellenfunktion im Rechteckpotenzial also

Innen:

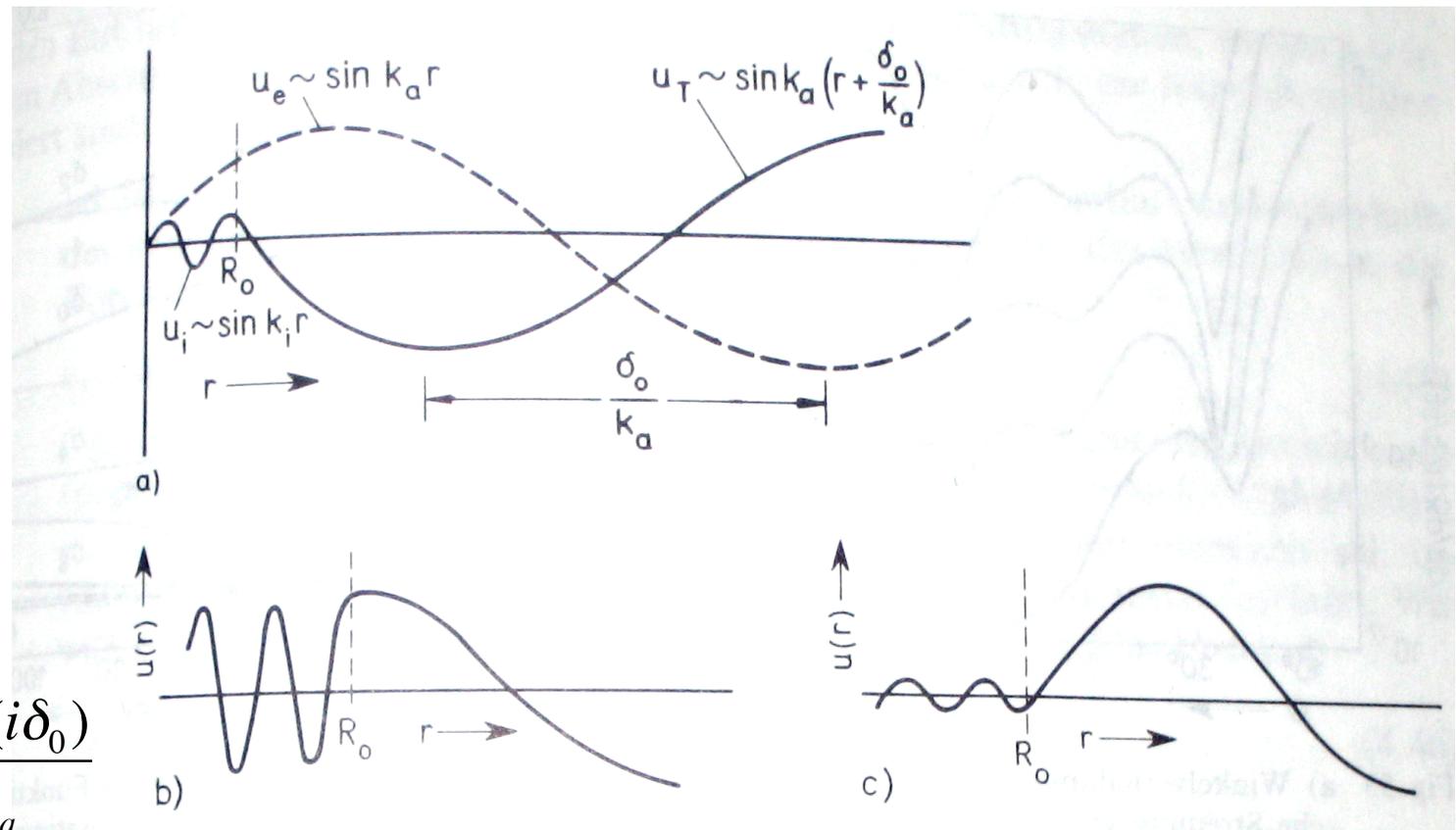
$$k_i = \frac{1}{\hbar} \sqrt{E + V_0}$$

$$u_i = A \sin(k_i r)$$

Außen:

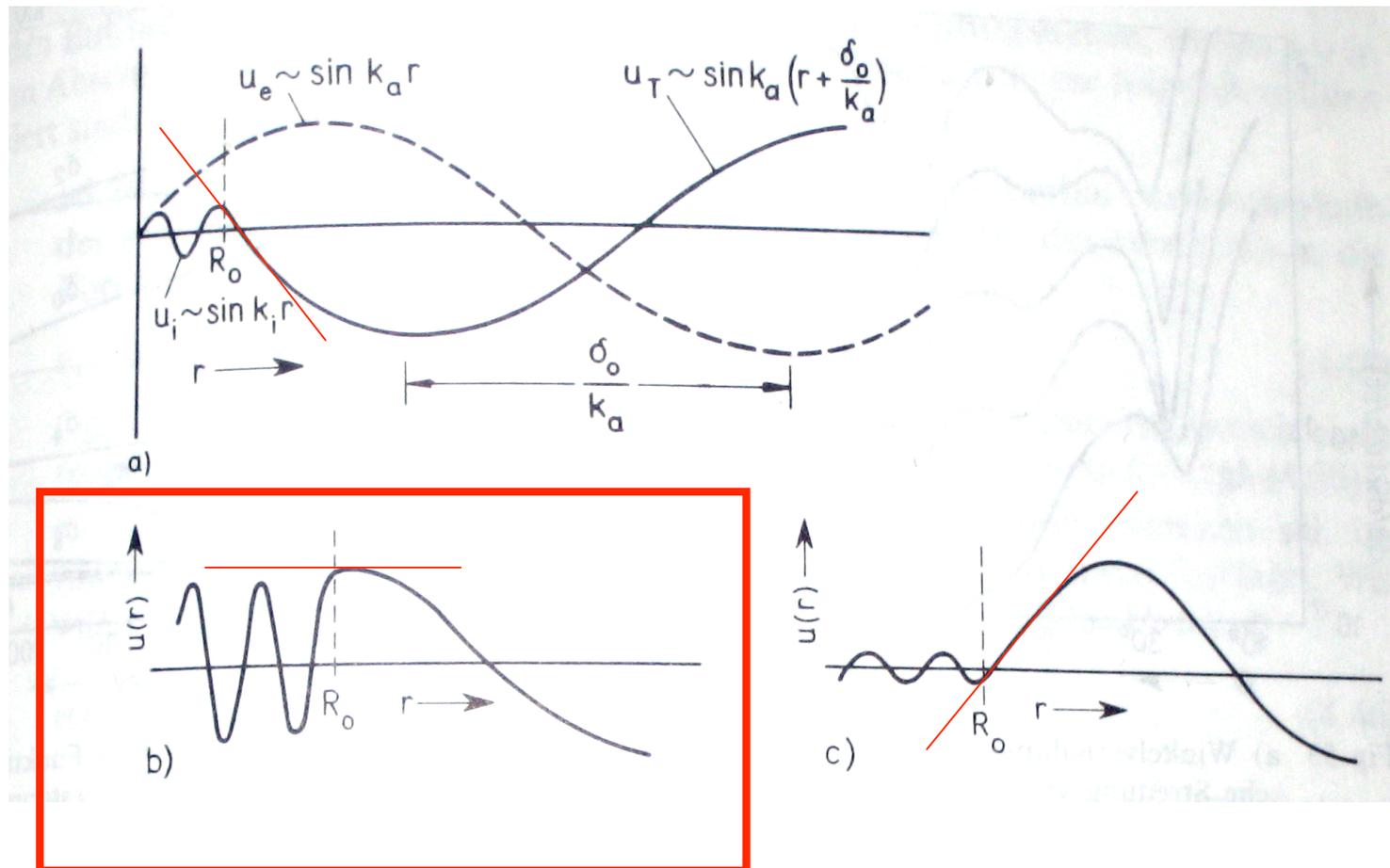
$$k_a = \frac{1}{\hbar} \sqrt{E}$$

$$u_a = A \sin(k_a r + \delta_0) \frac{\exp(i\delta_0)}{k_a}$$

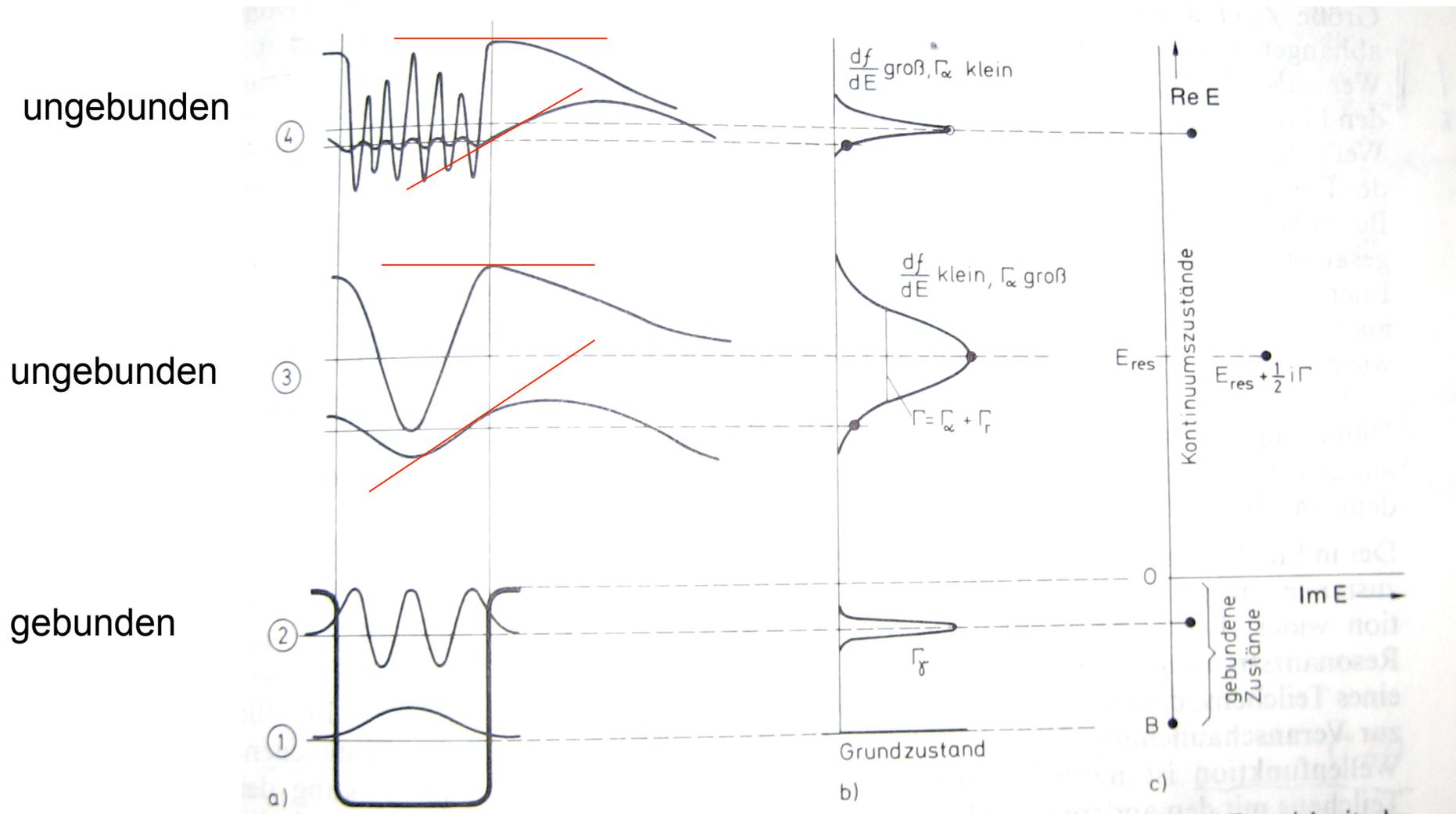


Mayer-Kuckuck

# Resonanz = Waagerechte Tangente am Kernrand



# Resonanzbreite = Änderung der Tangente



## Beschreibung der Tangente

$$f_0 \equiv R \frac{u'}{u} \Big|_{r=R}$$

Wellenfunktion im Außenraum (4. VL)

$$\psi_f(k, r, \theta) \xrightarrow{r \rightarrow \infty} \sum_{\ell=0}^{\infty} P_{\ell}(\cos \theta) \left( (2\ell + 1) e^{i\ell\pi/2} \frac{e^{i(kr - \ell\pi/2 + 2\delta_{\ell})} - e^{-i(kr - \ell\pi/2)}}{2ikr} \right)$$

Nun wieder  $u(r) := r \psi(r)$  und Drehimpuls 0

$$u(r) = \frac{1}{2ik} (\exp(ikr + 2\delta_0) - \exp(-ikr))$$

$$\eta_0 := \exp(2\delta_0)$$

## Streuquerschnitt also

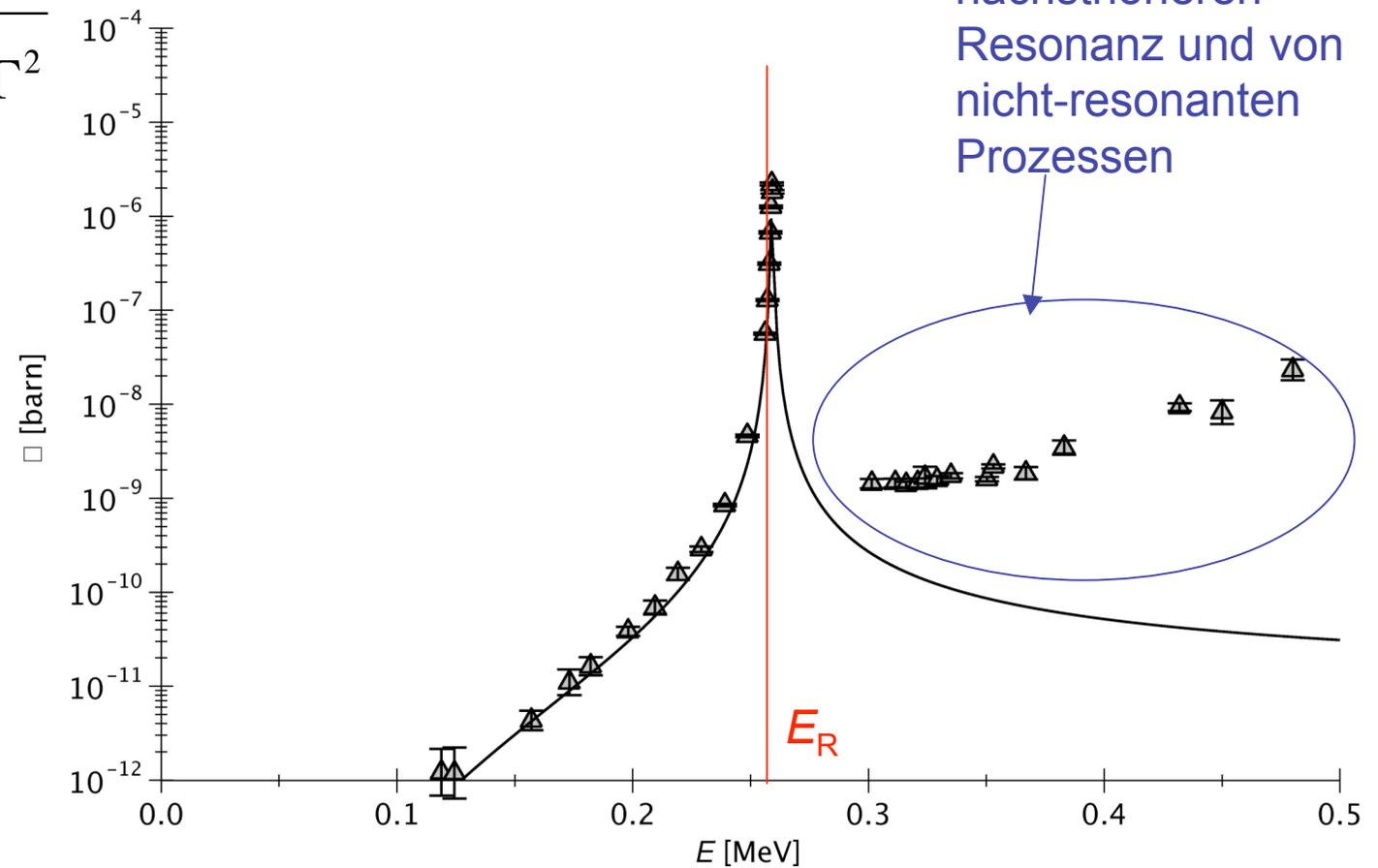
$$\sigma_{streu} = \frac{\pi}{k^2} \left| \frac{-2ikR}{f_0 - ikR} + \exp(2ikR) - 1 \right|^2$$

Und schließlich die Ein-Niveau-Breit-Wigner-Formel:

$$\sigma_{tot} = \frac{\pi}{k^2} \frac{\Gamma_\alpha \Gamma}{(E - E_R)^2 + \frac{1}{4} \Gamma^2}$$

# Ein-Niveau-Breit-Wigner-Formel, Beispiel $^{14}\text{N}(p,\gamma)^{15}\text{O}$

$$\sigma_{tot} = \frac{\pi}{k^2} \frac{\Gamma_\alpha \Gamma}{(E - E_R)^2 + \frac{1}{4} \Gamma^2}$$



## 1. Vorlesung, 08.04.2008

- Starke Wechselwirkung, Ladungsunabhängigkeit, Einführung des Isospins
- Eigenschaften der Nukleonen: Masse und Lebensdauer
- Kinematik nichtrelativistisch

## 2. Vorlesung, 15.04.2008

- Kinematik relativistisch
- Das Deuteron

## 3. Vorlesung, 22.04.2008

- Das Deuteron im elektromagnetischen Feld
- Reziprozitätssatz (*detailed balance theorem*)
- Synthese und Photodissoziation des Deuterons
- Astrophysikalisches: Bedeutung des Deuterons im Urknall

## 4. Vorlesung, 29.04.2008

- Rutherford-Streuung (klassisch)
- Optisches Modell, elastische Streuung

## 5. Vorlesung, 06.05.2008

- Rutherford-Streuung (quantenmechanisch)
- Resonanzen (Einführung)

## 6. Vorlesung, heute

- Breit-Wigner-Formel

## 7. Vorlesung, nächste Woche

- Messung von Resonanzparametern

Folien im Internet: <http://www.fzd.de/db/Cms?pOid=26617>