

Wiederholung der letzten 3/4 Vorlesungen

1

Definition der **Aktivität** ?

$$A = +\frac{dN}{dt} \quad ? \quad \text{oder} \quad A = -\lambda N \quad ?$$

Was ist der Unterschied?

2

Was sind die Einheiten der Aktivität ?

3

Wie mißt man HWZ wenn:

a) $T_{1/2} \geq 1000a$?

b) $T_{1/2} < 50a$

4

Geiger-Nuttallsche Regel:

$$T_{1/2} \sim E_{\alpha} \qquad \log T_{1/2} \sim \sqrt{E_{\alpha}}$$

$$\log T_{1/2} \sim E_{\alpha} \qquad \log T_{1/2} \sim \frac{1}{\sqrt{E_{\alpha}}}$$

5

Warum ist der α -Zerfall als „hadronische“ Reaktion so stark unterdrückt?

6

Kann ein Stück Natururan eine Spaltungsreaktion in Gang setzen?
Wenn ja, warum?
Wenn nein, warum nicht?

7

Kann ein Stück ^{235}U eine Kettenreaktion in Gang setzen?
Wenn ja, warum?
Wenn nein, warum nicht?

8

Der (n, γ) Einfang-Wirkungsquerschnitt ist für kleine Neutronenenergien i.a. proportional zu:

.....
Geben Sie eine Erklärung, warum für ^4He der $^4\text{He} (n, \gamma) ^5\text{He}$ Einfang-Querschnitt = 0 ist!

Wiederholung:

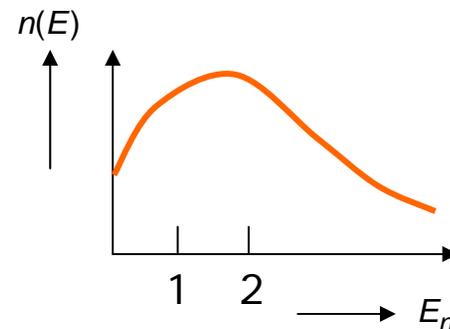
1

Spaltreaktor

Spaltneutronen:

~2/Spaltung

Energieverteilung:



Moderatoren: H_2O ← Leichtwasserreaktor

D_2O ← Schwerwasserreaktor

Anreicherung: → 3%

→ natürlich

wichtig zum Verständnis: $\sigma(n, \gamma)$ für ^{238}U , ^{235}U !!

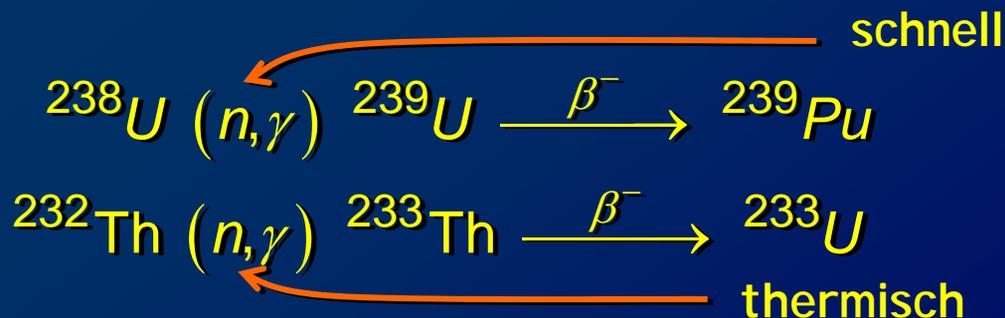
● kontrollierte Kettenreaktion: $k = 1$

● Regelung: verzögerte Neutronen

2

Brutreaktor

Brutmaterial:



3

Fusion

Sonne:



schwacher Prozeß

Reaktor:



Lawson Kriterium: $\rho \cdot \tau_{\text{Reaktion}} > 10^{14} \frac{\text{sec}}{\text{cm}^3}$

γ -Strahlung, γ -Zerfall

- γ -Strahlung: bei Kernprozessen auftretende elektromagnetische Strahlung (Photonen, $E = h\nu \sim \text{MeV}$)

damit:

MAXWELLGLEICHUNGEN

als Ausgangspunkt theoretischer Behandlung

- γ -Strahlung ändert weder A noch Z !
(Unterschied zu α , β -Zerfall oder Spaltung)
- angeregte Kernniveaus unterhalb der Teilchenemissionsschwelle werden durch γ -Übergänge abgeregt

Warum?

starke WW

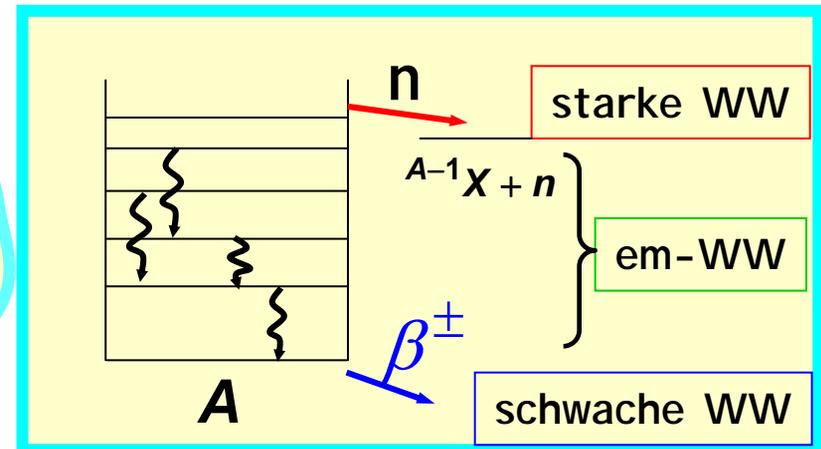
$$\tau \sim 10^{-22} \text{ sec}$$

em-WW

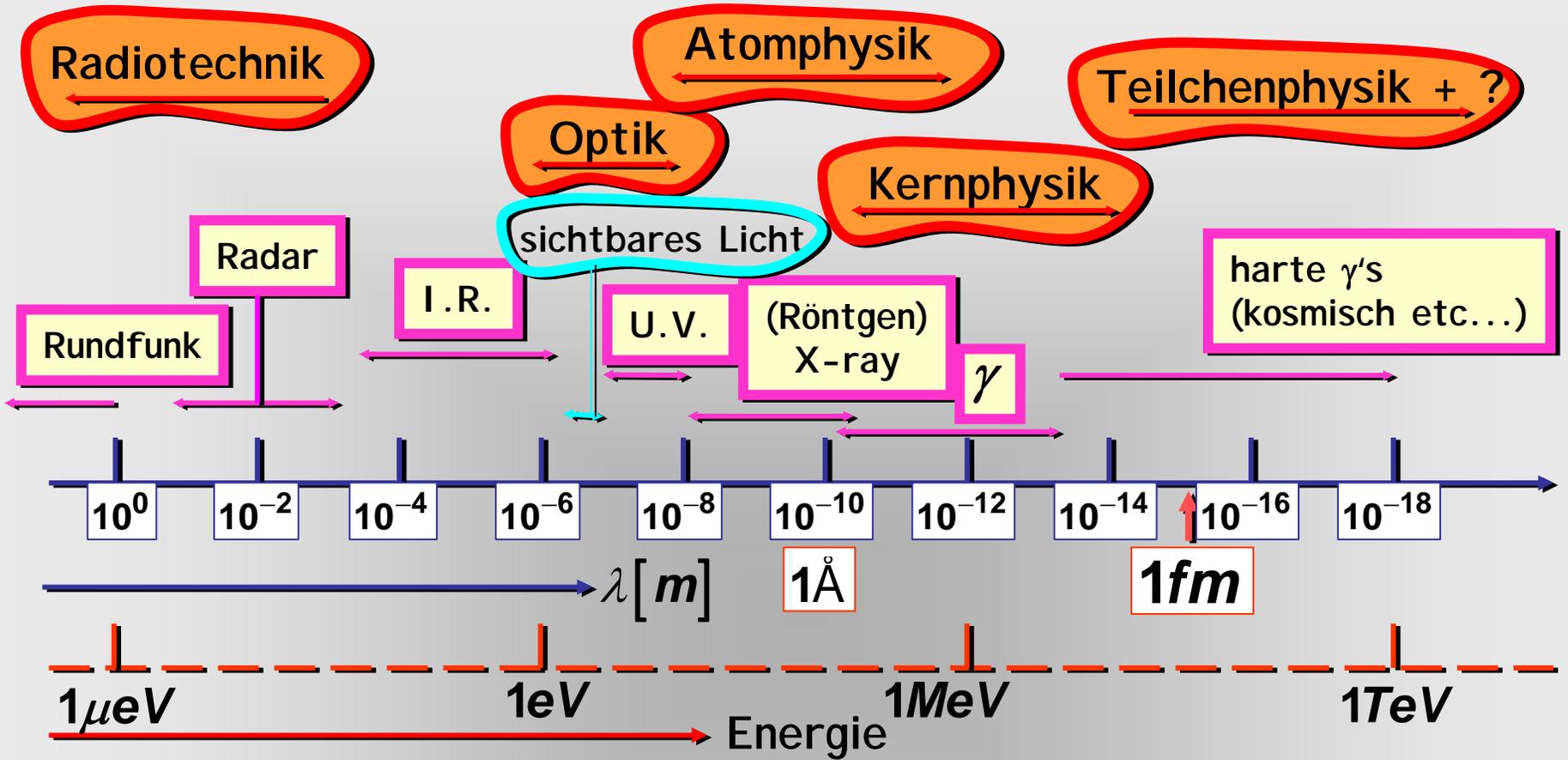
$$\tau \sim 10^{-6} - 10^{-15} \text{ sec}$$

schwache WW

$$\tau > \text{sec}, \mathbf{a}$$



- innere Konversion: Form der em-Abregung, bei der die Energie direkt auf ein Hüllenelektron übertragen wird



Welle Photon Teilchen

$$E = h \cdot \nu; \quad \nu = \frac{c}{\lambda} \quad h = 4,1 \cdot 10^{-21} \text{ MeV sec} \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/sec}$$

● größte gemessene $(h\nu)$ -Energie: $10^{22} \text{ eV} = 10^{16} \text{ MeV} \hat{=} \lambda = 10^{-28} \text{ m}$

$$\nu = 2 \cdot 10^{36} \text{ sec}^{-1}$$

γ -Zerfall, angeregte Kernniveaus (intuitive Einführung)

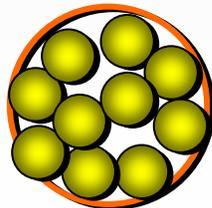
Details der Kernstruktur, des Anregungsspektrums wird durch die Quantenmechanik und das „**Kernschalenmodell**“ beschrieben

Kernanregung:

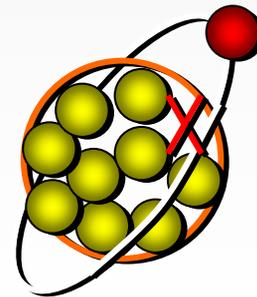
- I. **Einteilchenanregung:** Ein Nukleon wird aus dem Grundzustandsverband in einen wohl-definierten angeregten Zustand hineingehoben
- II. **kollektive Anregung:** Viele Nukleonen führen eine kollektive, korrelierte Bewegung aus

I) Einteilchen-Anregung

angeregte Kernniveaus:



Grundzustand



angeregter Zustand

Der Einteilchen -Anregungszustand ist charakterisiert durch:

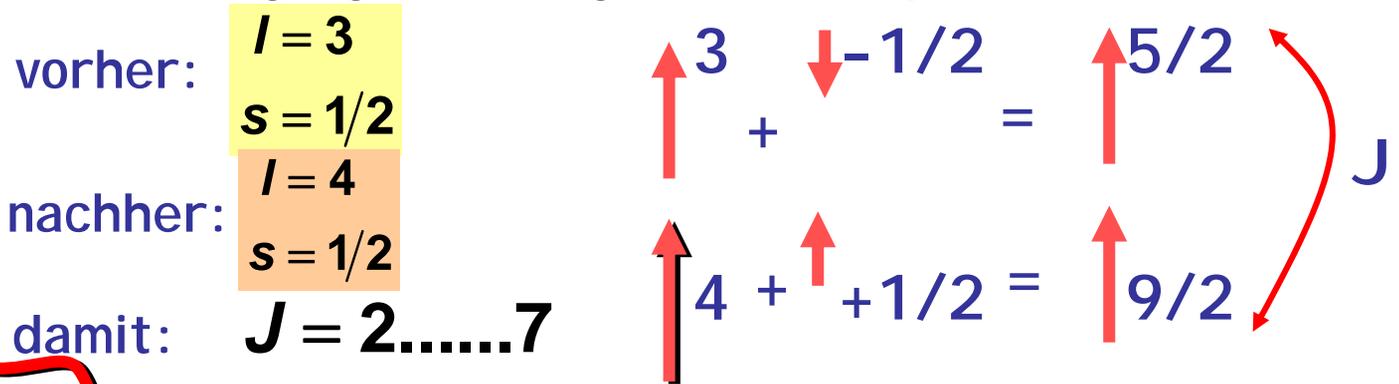
A. Energie

B. den Drehimpuls $\vec{\ell} \hbar$ (gequantelt)

C. die Stellung des Eigenspins des Nukleons \vec{s} zum Drehimpuls $\vec{\ell}$
 Da der Eigenspin $s = 1/2$, gilt für den resultierenden Gesamtdrehimpuls (in Einheiten \hbar) $j_f = l + 1/2, l - 1/2$

D. die Kopplung des Einteilchen-Drehimpulses j_f mit dem Drehimpuls des zurückbleibenden Lochzustands j_i (nach dem Schema der Drehimpulskopplung): (falls ein Loch zurückbleibt)
 Die Differenz: $J = |j_i - j_f| \dots |j_i + j_f|$
 ist der bei der Anregung übertragene Drehimpuls.

Beispiel:



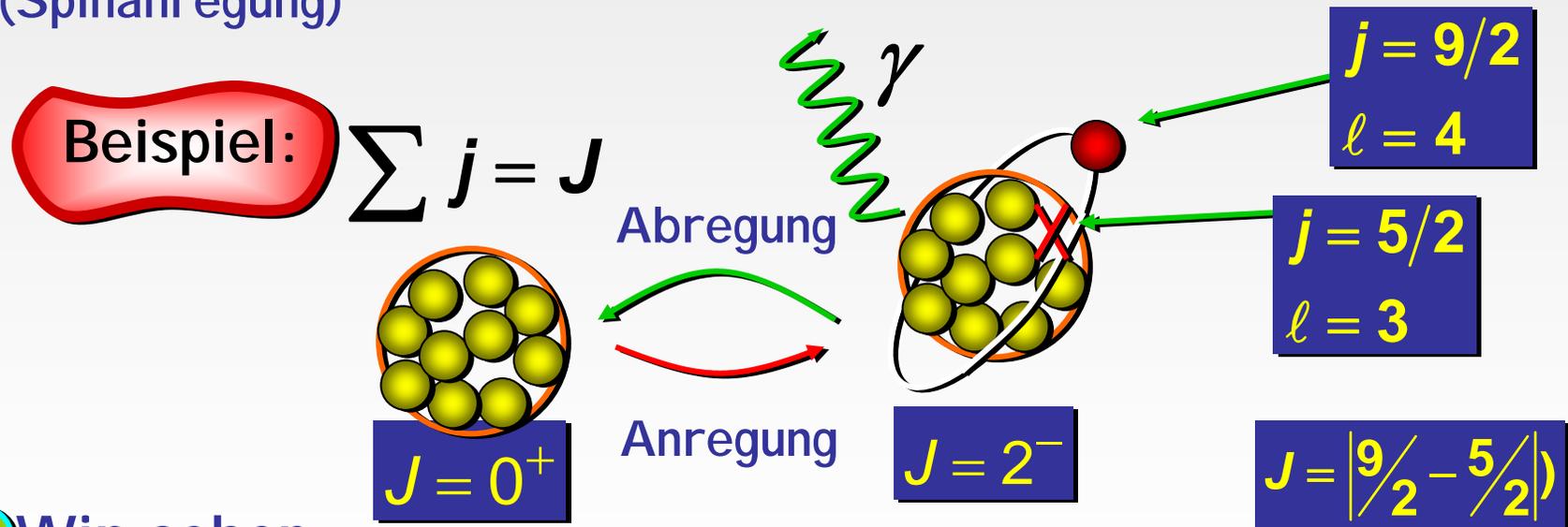
E. die Parität: das Verhalten der Wellenfktn bei Raumspiegelung
 $\Psi(\mathbf{r}) = P \Psi(-\mathbf{r}) \quad P = \pm 1$

$$P = (-)^{\ell}$$

mit ℓ = orbitaler Drehimpuls (d.h. ohne Spin!)

natürliche Paritäten: $J = 0^+, 1^-, 2^+, 3^-$
unnatürliche Paritäten: $J = 0^-, 1^+, 2^-, 3^+$

Unnatürliche Paritätszustände deuten darauf hin, dass sich bei der Anregung die Spineinstellung zum Drehimpuls ℓ umgedreht hat.
 (Spinanregung)



Wir sehen:

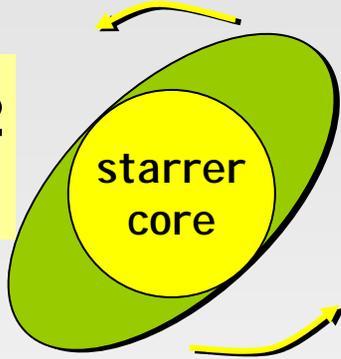
Bei der Abregung des Kernniveaus muss das γ -Quant den Drehimpuls $J = 2$ und Parität (-) besitzen, wenn wir Paritätserhaltung fordern!!

II) kollektive Anregung

A

Rotation deformierter Kerne

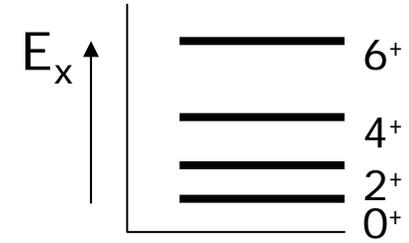
$$H = \frac{1}{2\Theta} J^2$$



Anregungsenergie: $E^* \sim J(J+1)$

$\Delta J = \text{gerade}$

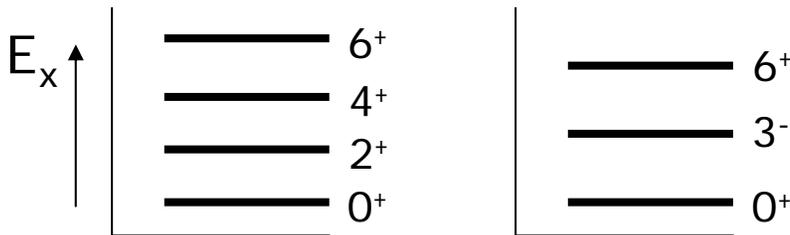
$P = (-)^J = +$



Einteilchen-Anregungen können zu diesen „Konfigurationen“ koppeln!!

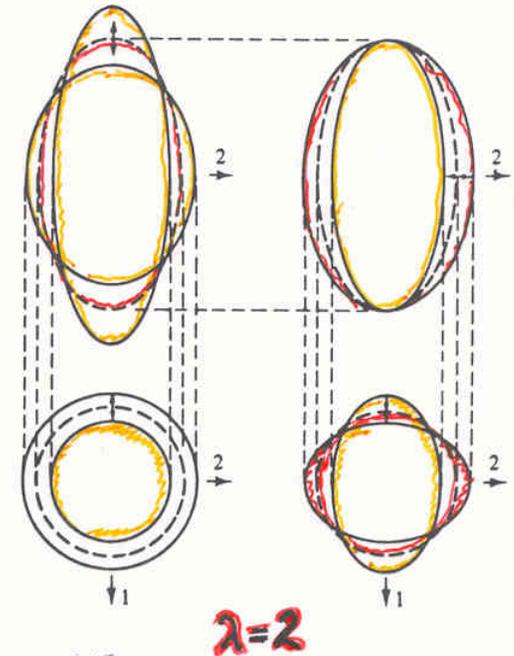
B

Vibrationen $E_n = \hbar\omega(n + 1/2)$



Quadrupol

Oktupol



Zusammenfassend

1. angeregte Kernniveaus geben Auskunft über die innere Struktur des Kerns
2. Einteilchen-Anregungen ergeben hochkompliziertes „Termschema“
3. kollektive Anregungen sind „einfach“
4. in einem „realen“ Kern können alle Anregungsformen miteinander koppeln.
5. die Messung von γ -Übergängen (γ -Spektroskopie) ist eines der Hauptmittel zur Erforschung der Kernstruktur.

Messgrößen

E_γ

-Energie des Niveaus, bzw. Energiedifferenz zwischen den Niveaus

λ

-Multipolarität, d.h. ΔJ zwischen den Niveaus

P

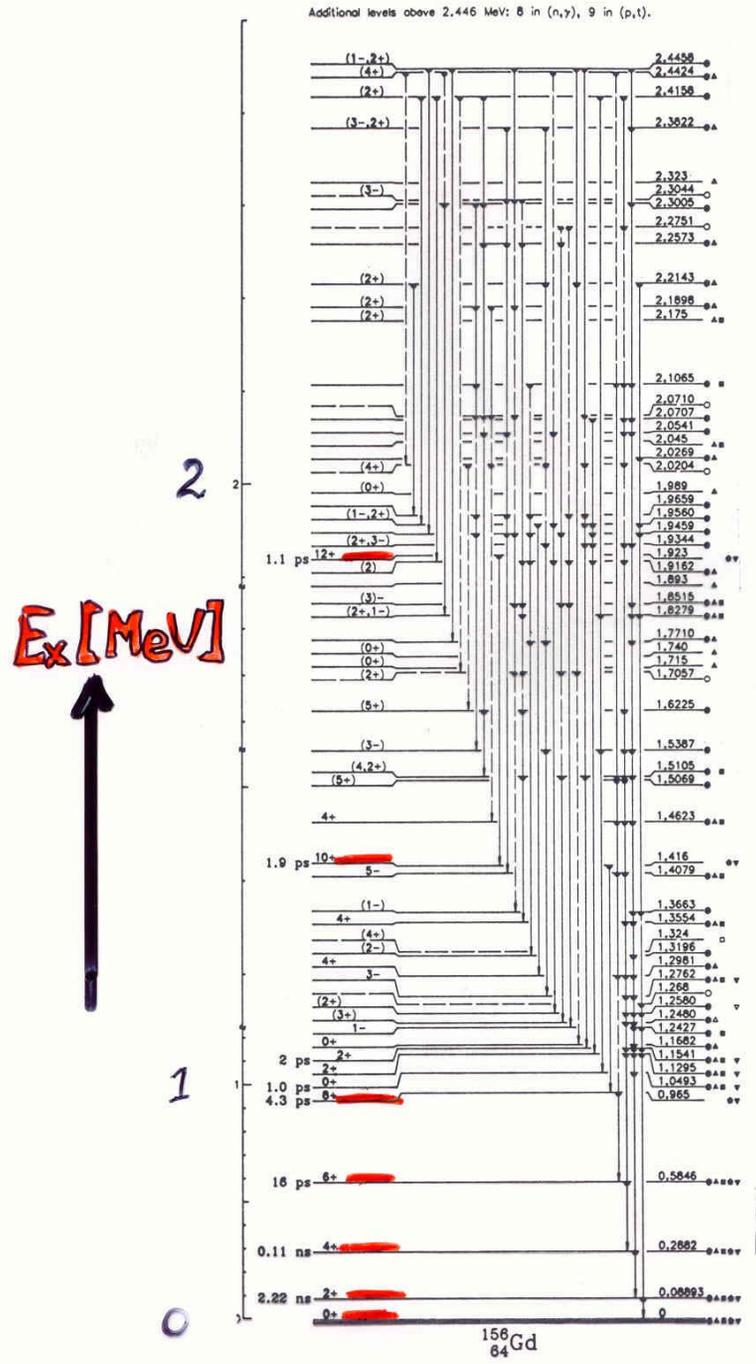
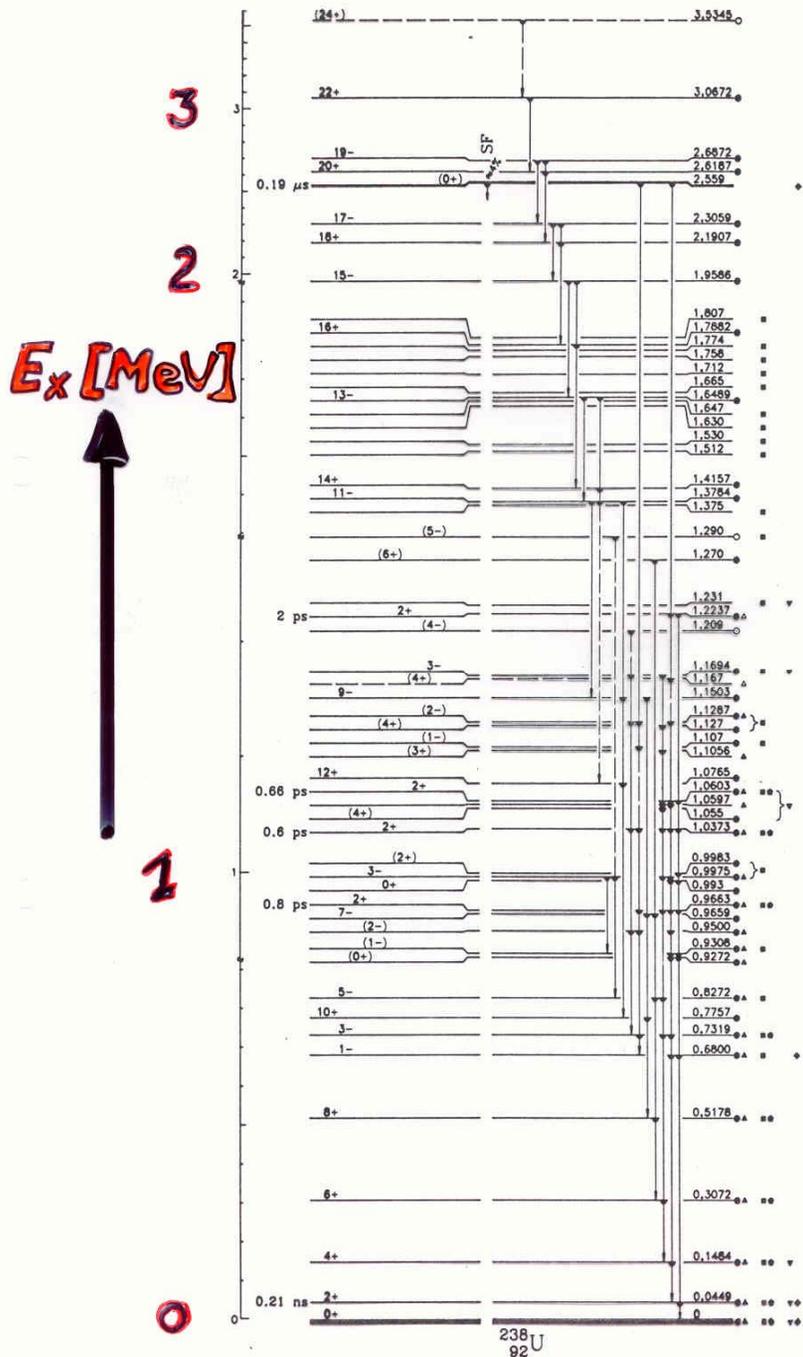
-Parität der Niveaus

$|M_{fi}|$

-Übergangswahrscheinlichkeiten

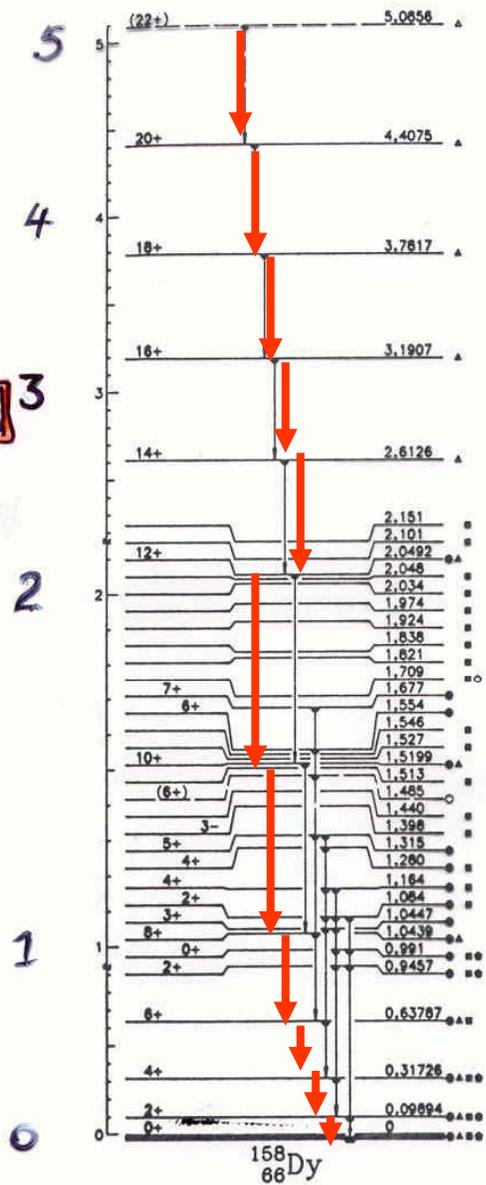
Kaskaden

-d.h. welche Niveaus sind durch Übergänge miteinander verbunden haben ähnliche Struktur \longrightarrow Rotationen



^{156}Gd

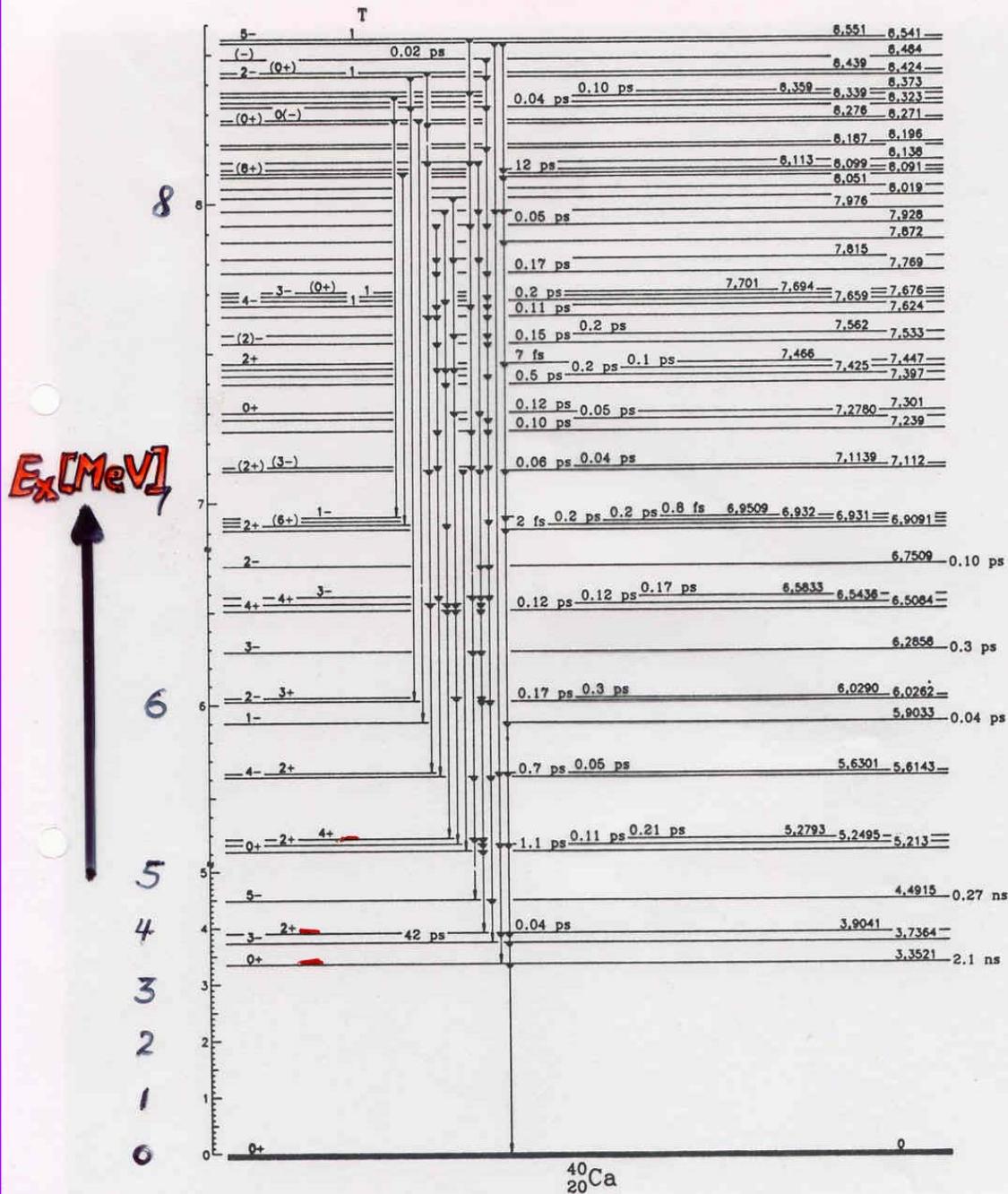
E_x [MeV]³



| L | E^* |
|-----|-------|
| 0 | 0 |
| 2+ | 0.097 |
| 4+ | 0.317 |
| 6+ | 0.638 |
| 8+ | 1.044 |
| 10+ | 1.599 |
| 12+ | 2.049 |
| 14+ | 2.613 |
| 16+ | 3.191 |
| 18+ | 3.782 |
| 20+ | 4.408 |
| 22+ | 5.086 |
| ... | ... |

^{158}Dy

32 Reactions
 Many additional levels above 8.551 MeV.

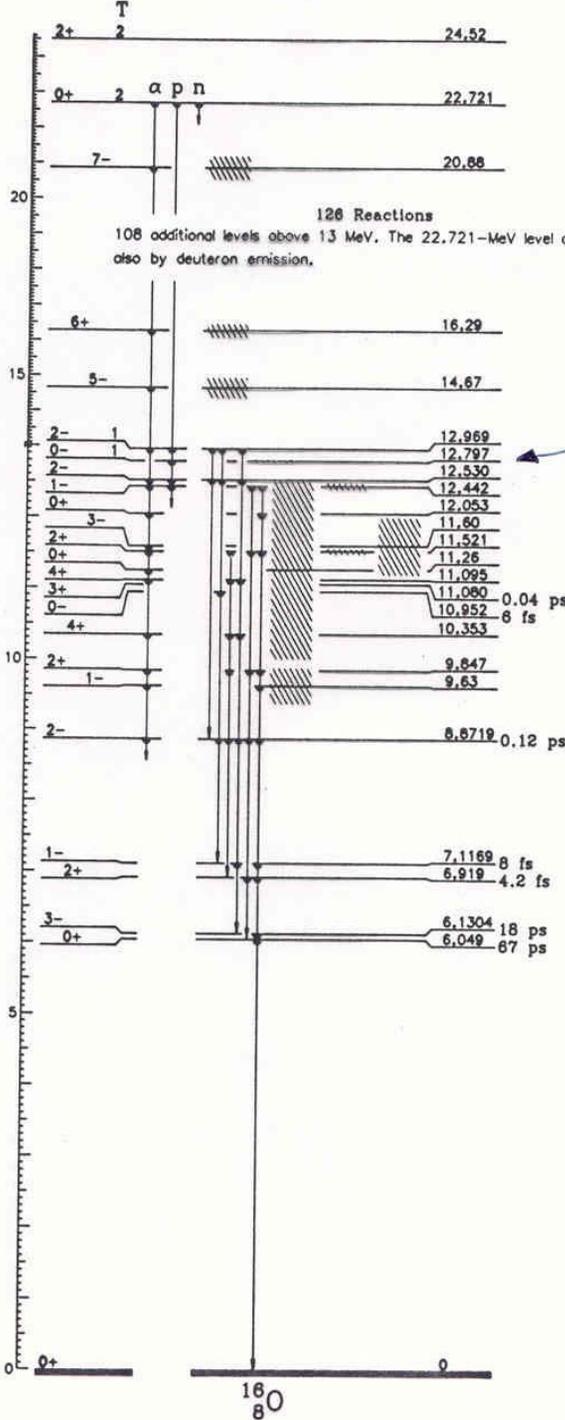


E_x [MeV]



15
10
5

0



126 Reactions

108 additional levels above 13 MeV. The 22.721-MeV level decays also by deuteron emission.

Loch: $L=0, S=\frac{1}{2}, j=\frac{1}{2}$
Teilchen: $L=1, S=\frac{1}{2}, j=\frac{1}{2}$
 $j=0$