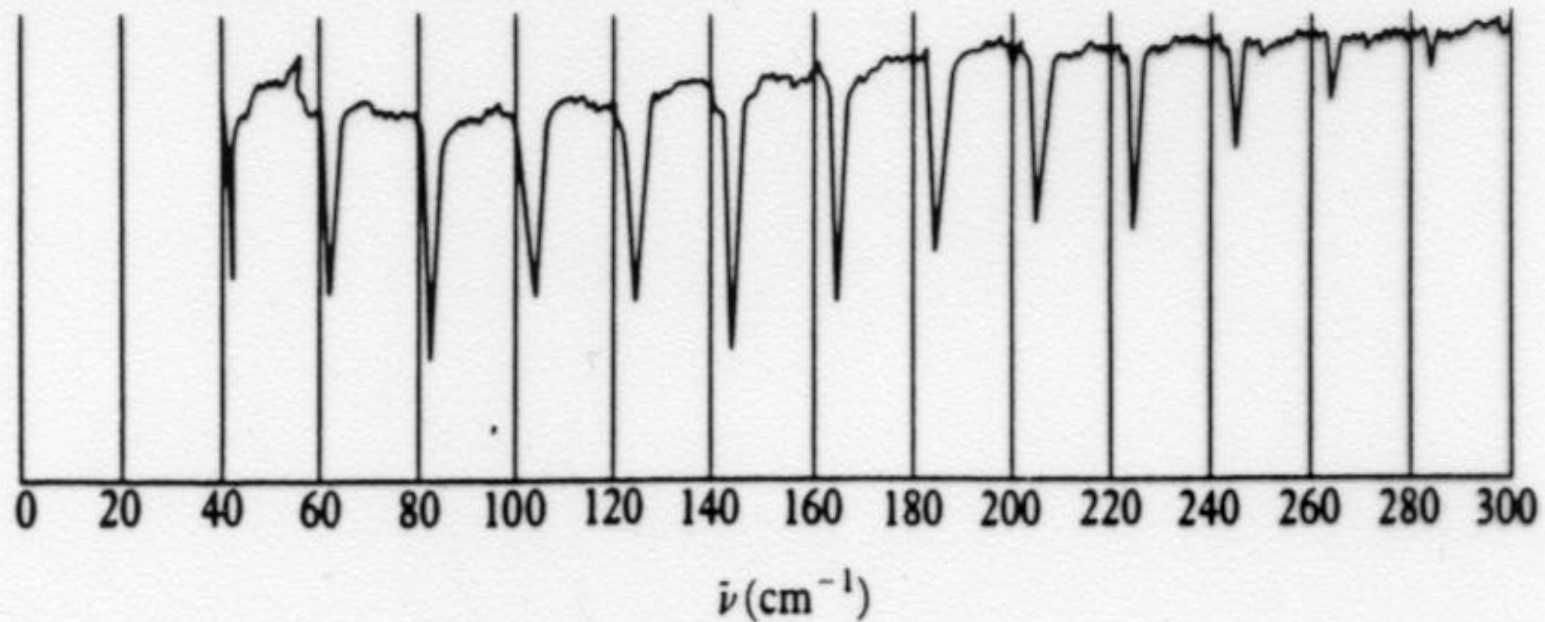


typisches Rotationsspektrum eines Molekuls (HCl)

Figure 10-19

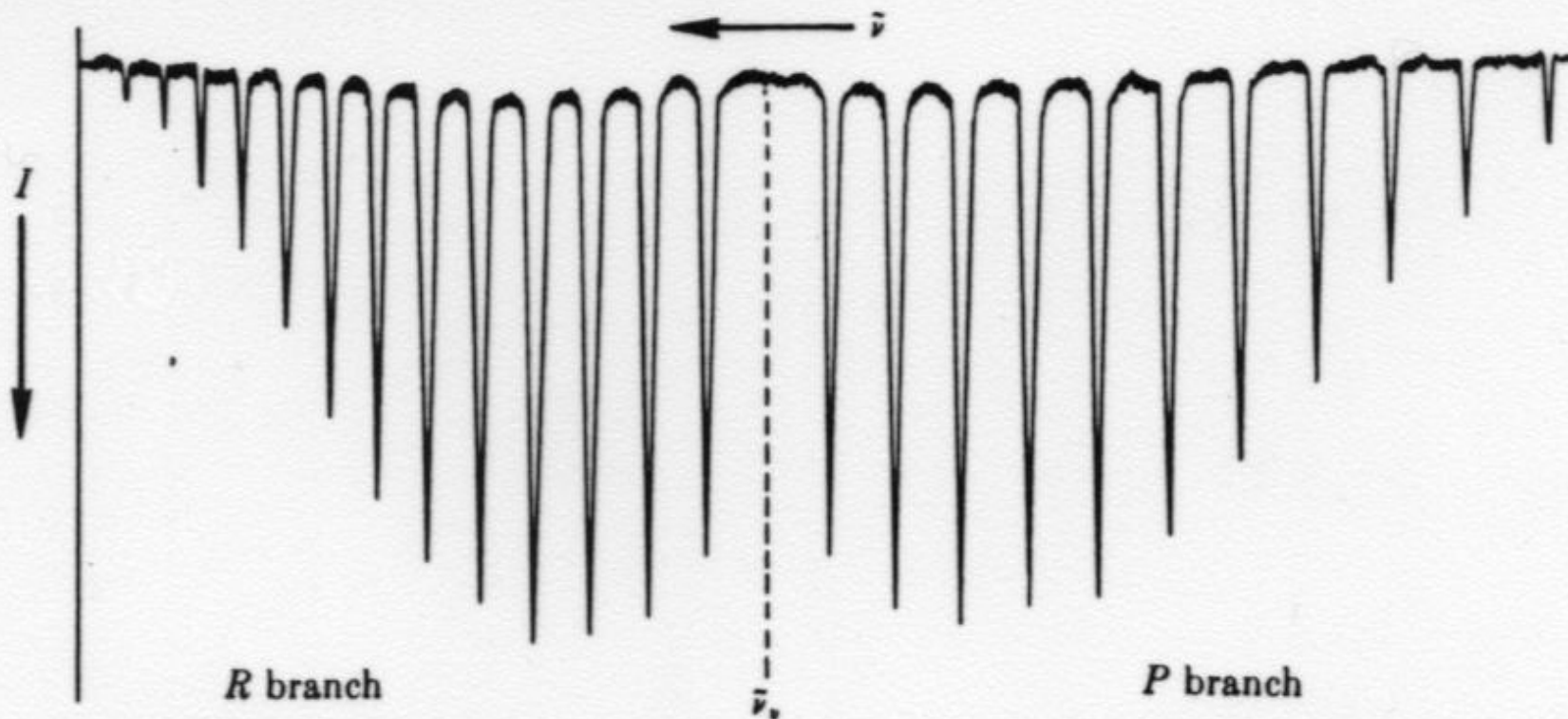
Pure rotational absorption spectrum of HCl gas. Note the even line spacing as indicated schematically in Figure 10-16. The frequency axis is $\tilde{\nu} = \nu/c$ in units of cm^{-1} .



Rotations-Vibrations-Spektrum (Absorption) eines zweiatomigen Moleküls

Figure 10-20

Vibrational-rotational absorption spectrum of a diatomic molecule like that shown schematically in Figure 10-17. The absent line is denoted by $\tilde{\nu}_0$.



Gammaspektrum nach elektro-
 magnetischer Anregung von
 ^{238}U

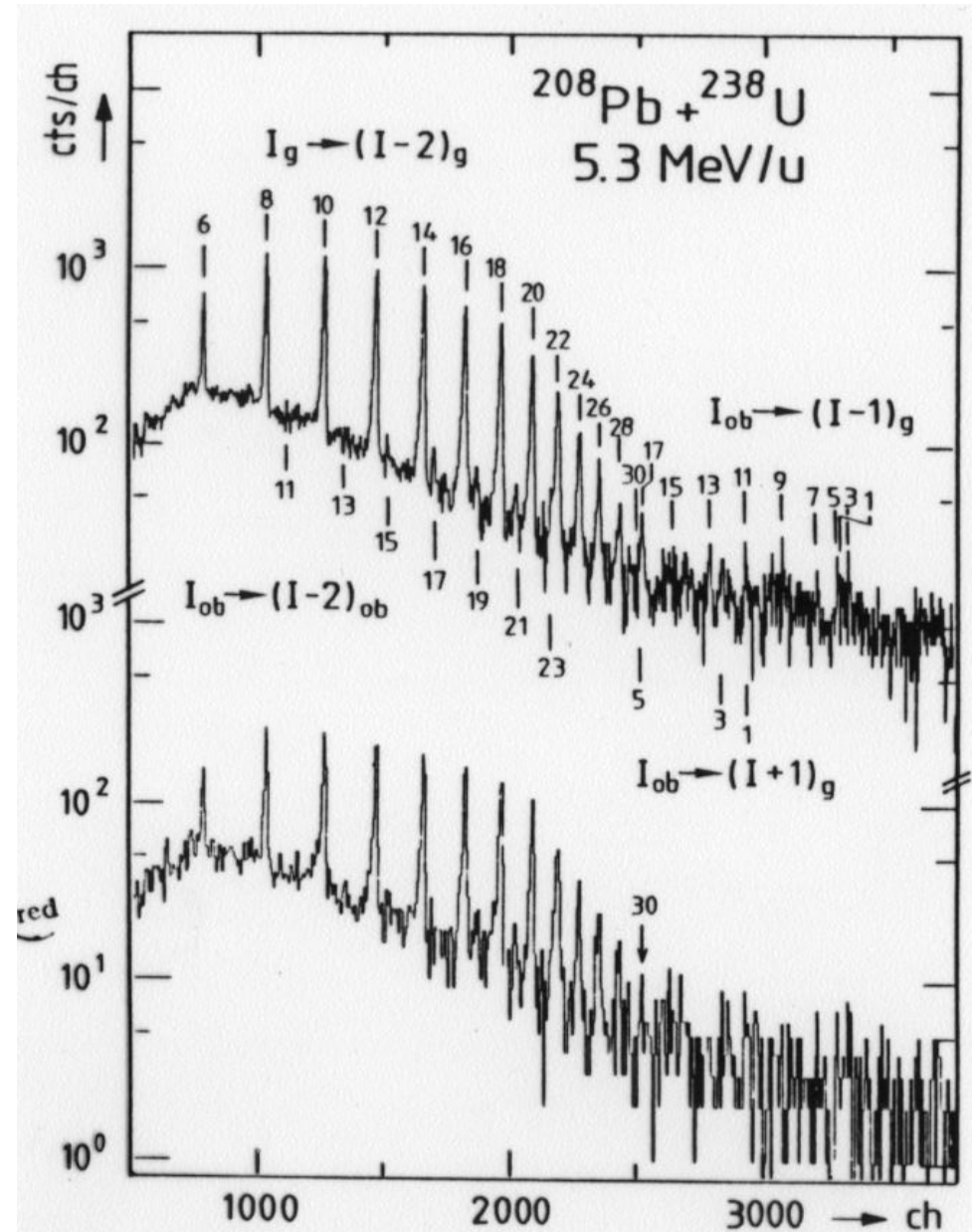


Fig. 2. Doppler corrected gamma-spectra from the excitation of ^{238}U (thin target) by ^{208}Pb ions of 5.3 MeV/u scattered into c.m. angles θ between 97° and 146° . Top: gamma spectrum obtained by coincident detection of the scattered projectile and the recoiling target nucleus. Bottom: As top, but requiring an additional coincidence with a second gamma-ray.

Atomkerne, die rotationsaehnliche Spektren aufzeigen

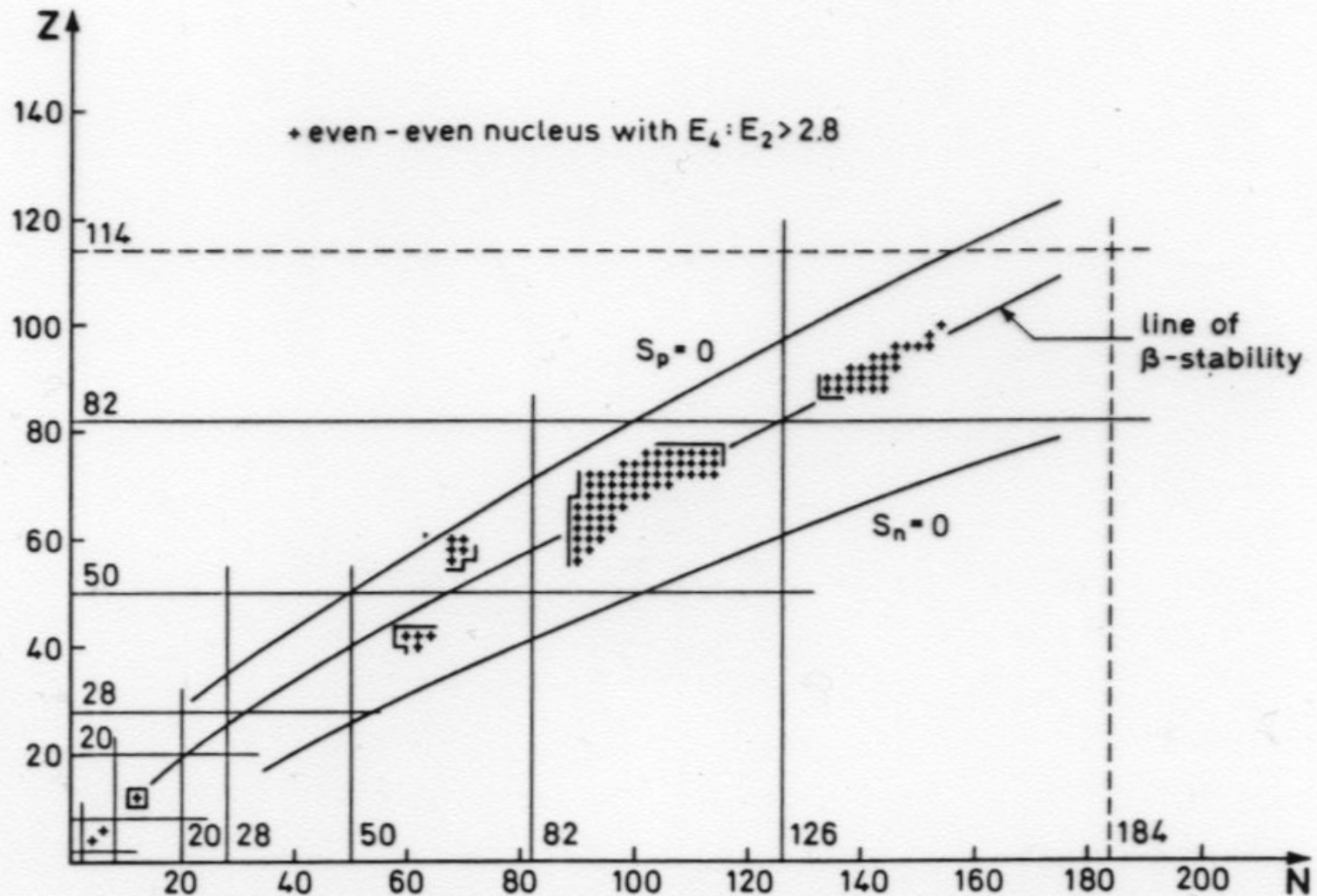
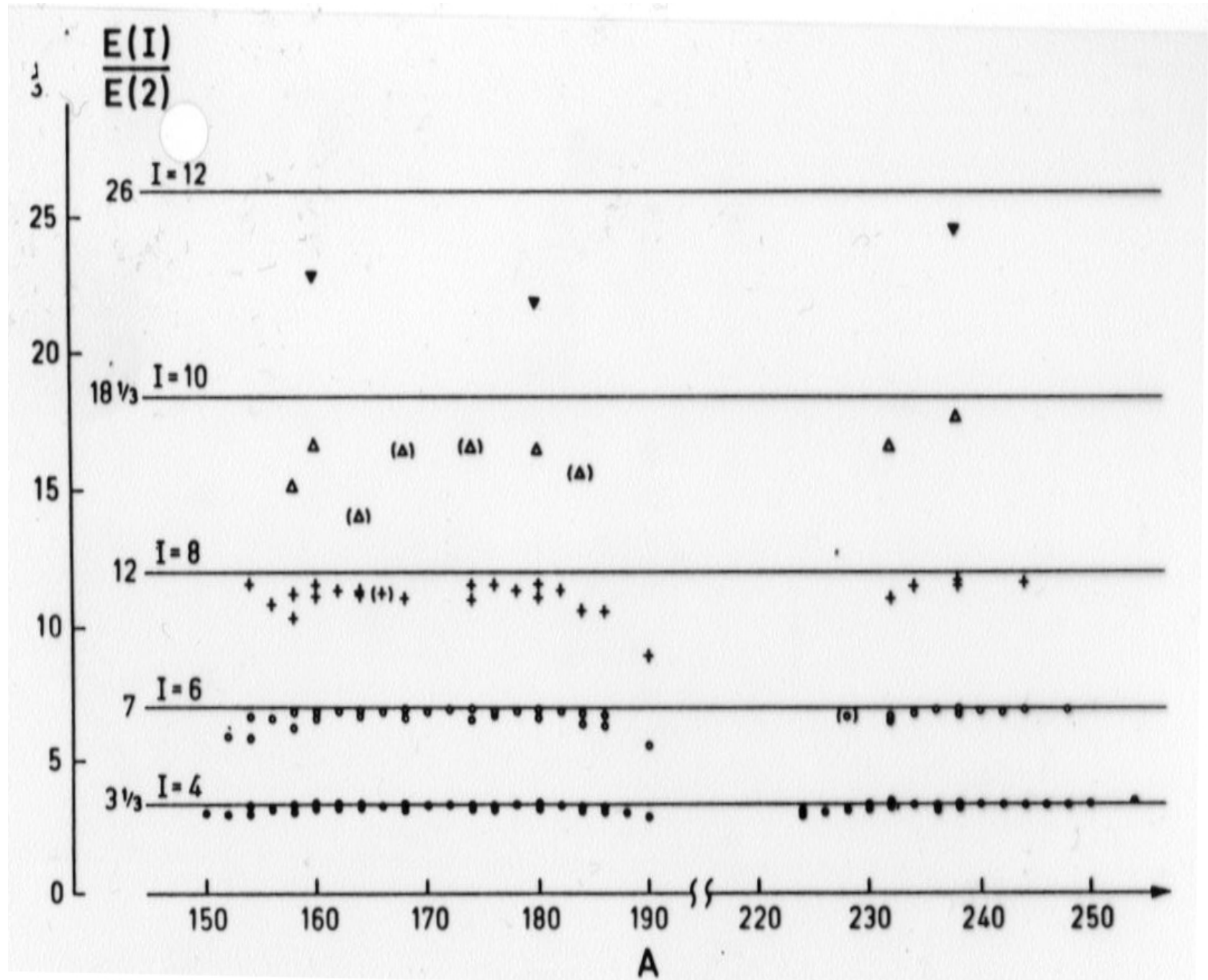


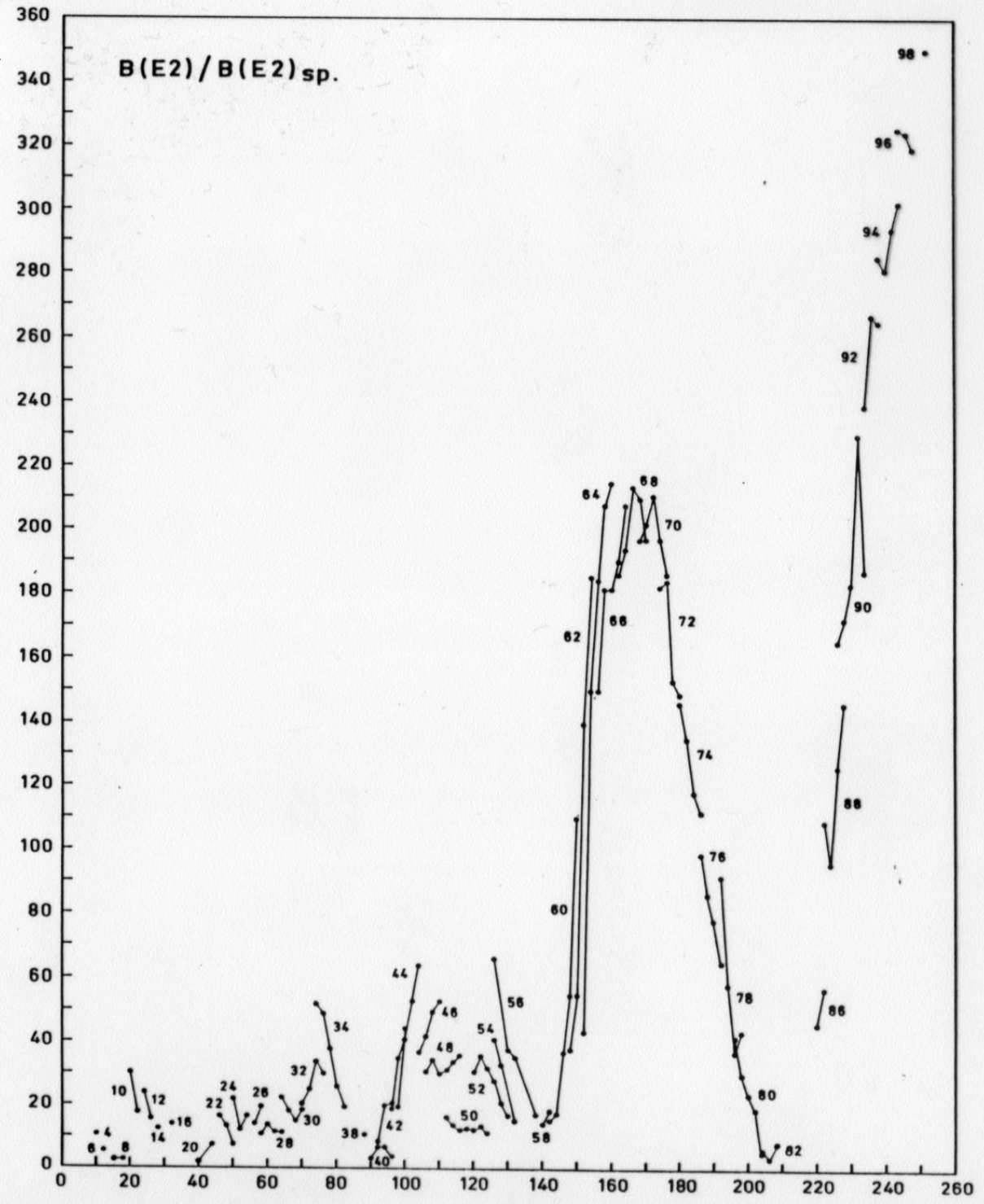
Figure 4-3 Regions of deformed nuclei. The crosses represent even-even nuclei, whose excitation spectra exhibit an approximate $I(I+1)$ dependence, indicating rotational structure. The nuclei included in the figure have been selected on the basis of the (rather arbitrary) criterion $E(I=4):E(I=2) > 2.8$. The data are taken from the compilations by Sakai (1970 and 1972). The line of β stability and the estimated borders of instability with respect to proton and neutron emission are those shown in Fig. 2-18, Vol. I, p. 203.

Verhaeltnis der Anregungsenergien des angeregten Zustands mit Drehimpuls I im Vergleich zum ersten angeregten Zustand mit Drehimpuls 2

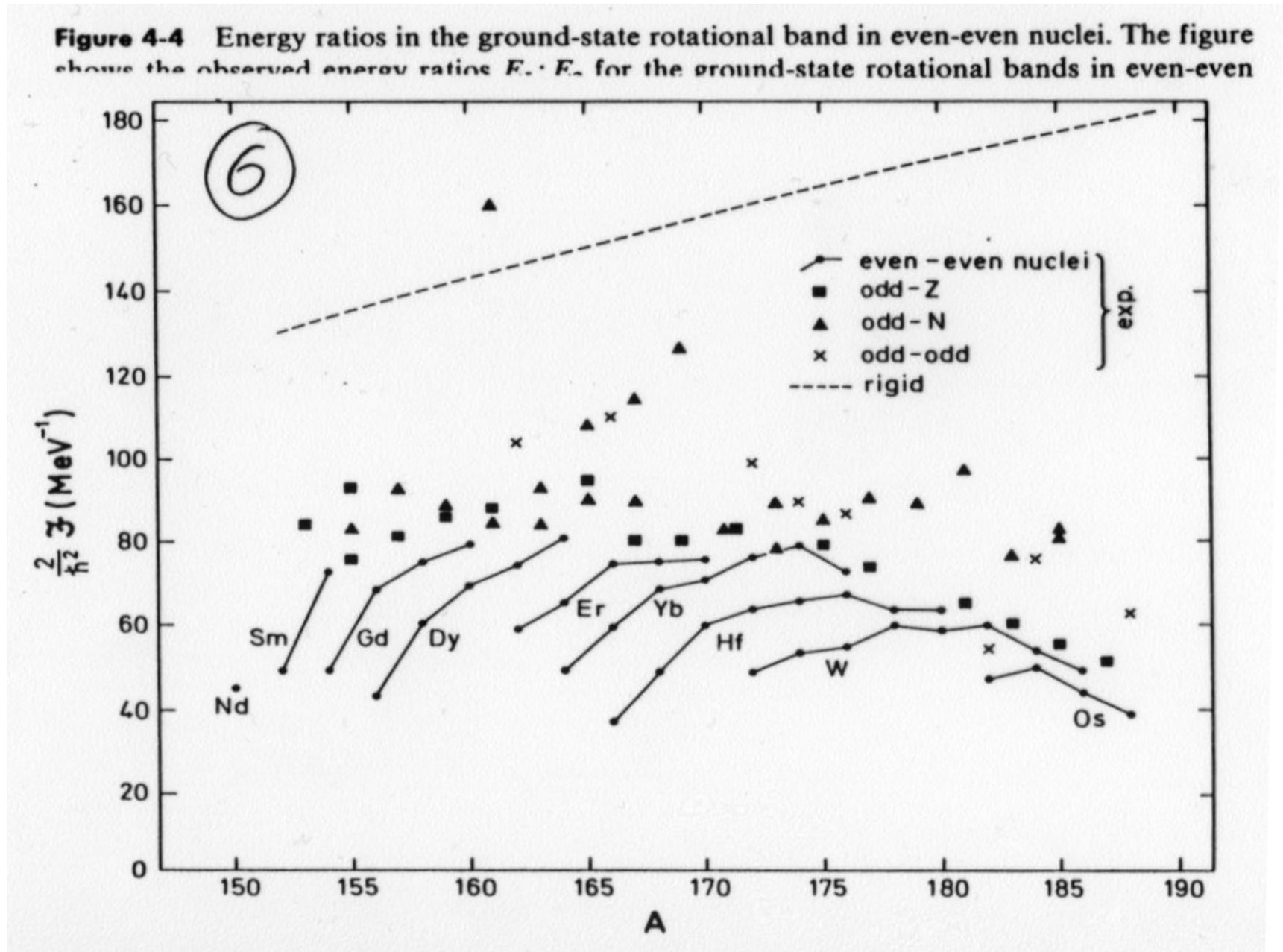


reduzierte E2 Uebergangs-
wahrscheinlichkeiten verglichen
mit der Einteilchen-
abschaetzung

zwischen Schalenabschluessen
werden starke Ueberhoehungen
beobachtet



aus Energieniveaus gemessene Traegheitsmomente im Vergleich zu den fuer starre Rotation des gesamten Kerns erwarteten



auch in Atomkernen bauen sich auf verschiedenen Vibrationsniveaus
Rotationsbanden auf

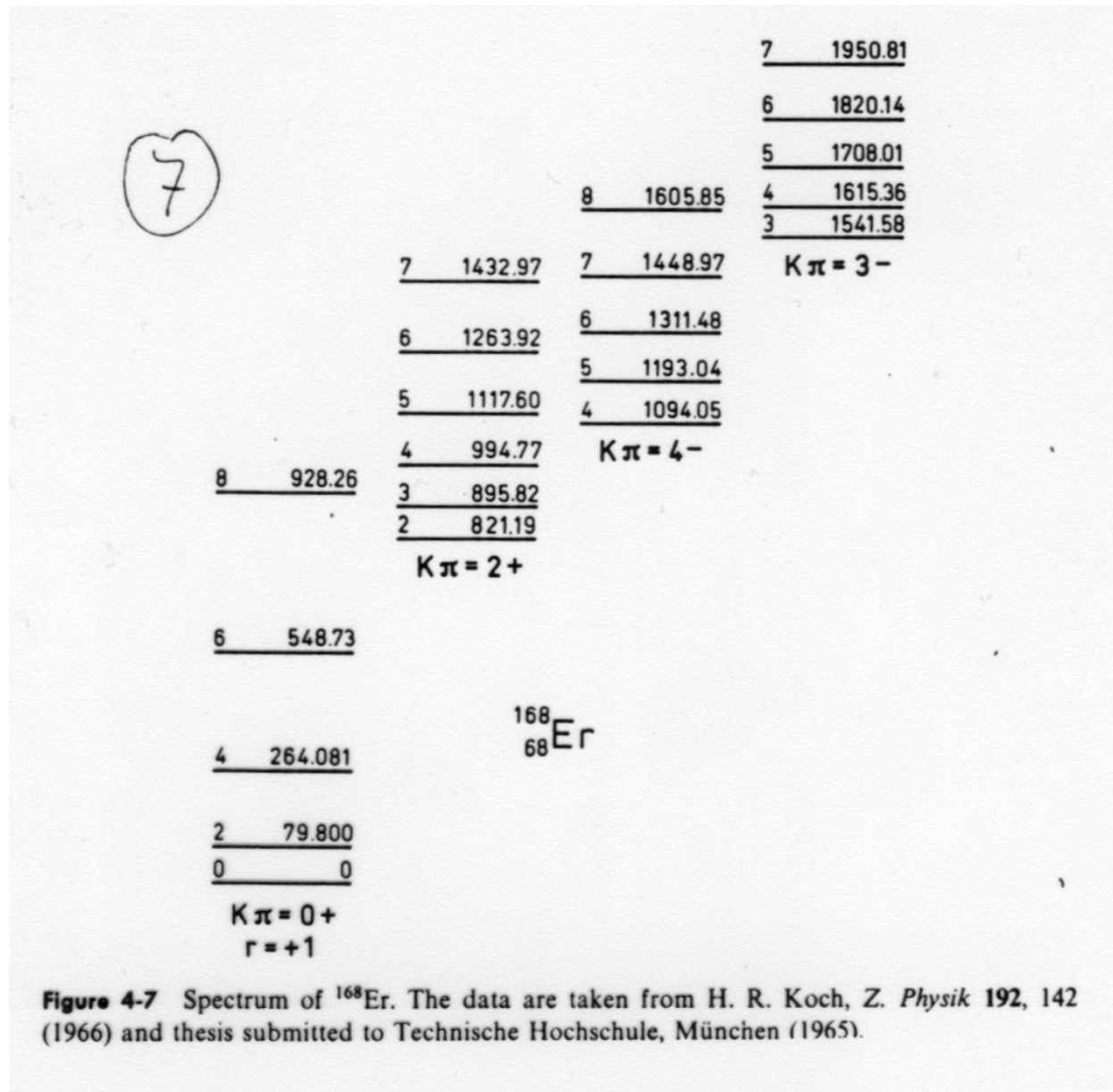
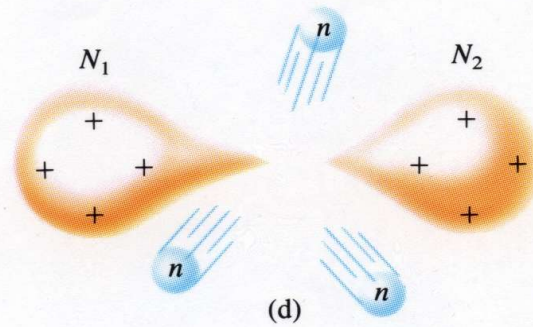
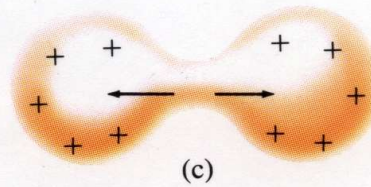
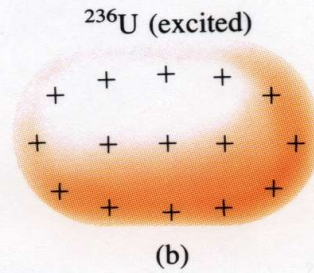
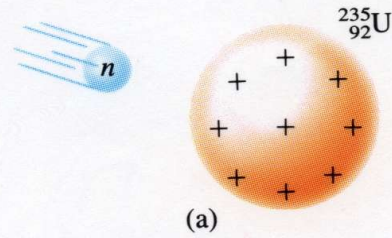


Figure 4-7 Spectrum of ^{168}Er . The data are taken from H. R. Koch, *Z. Physik* **192**, 142 (1966) and thesis submitted to Technische Hochschule, München (1965).

Spaltung von $^{235}_{92}\text{U}$ nach Neutroneneinfang



Prinzip der Kettenreaktion:

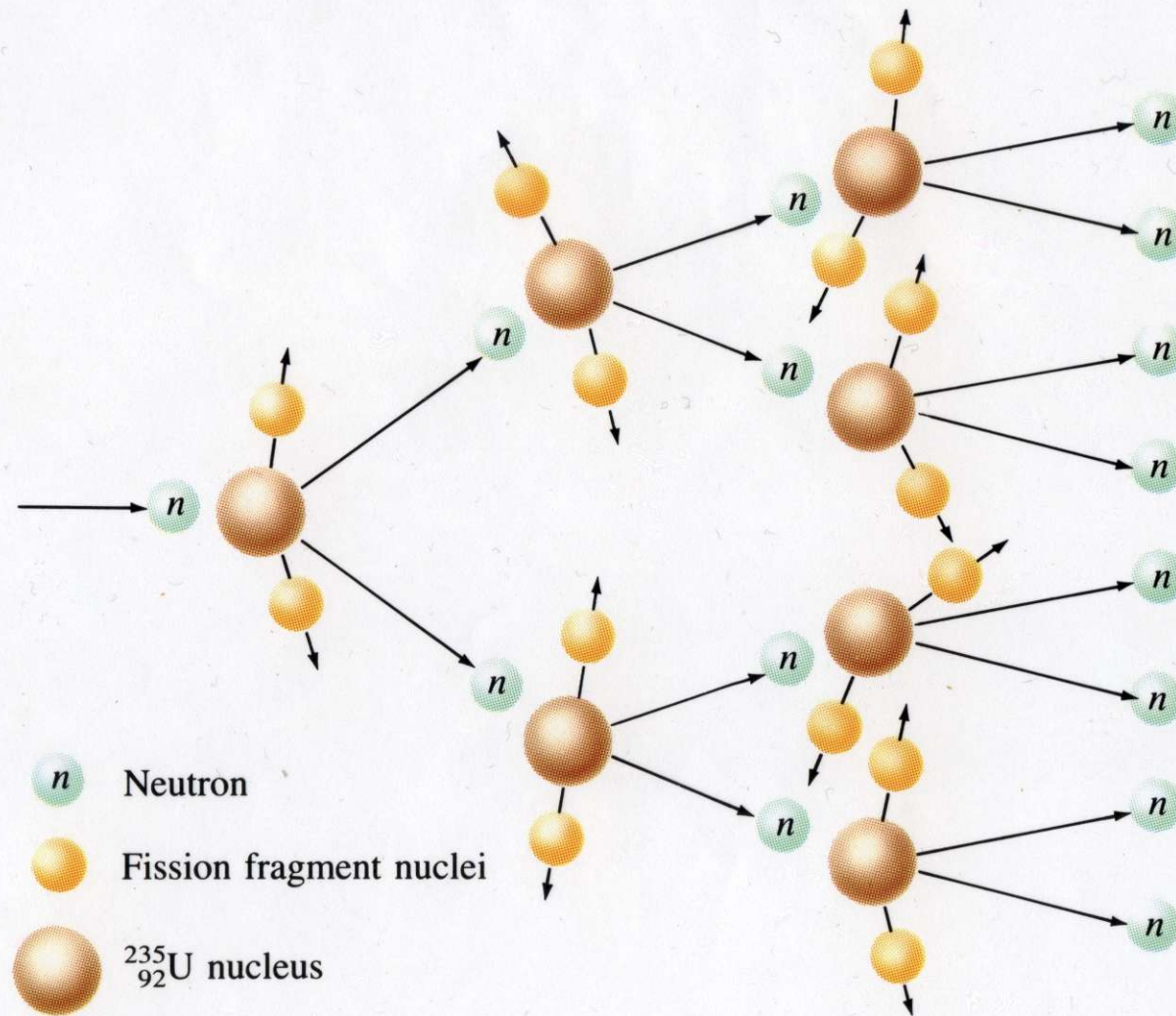
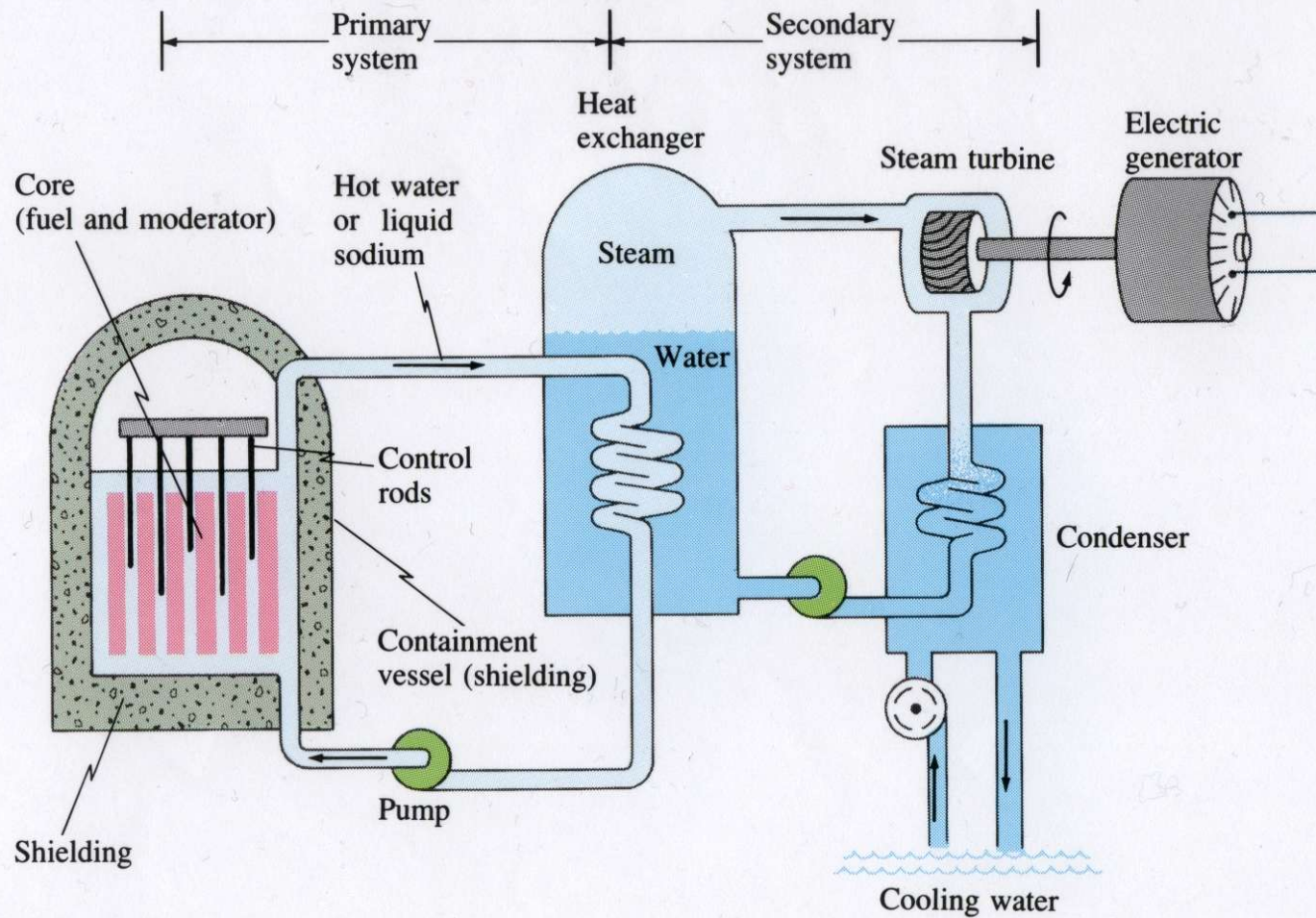




FIGURE 31-4 Color painting of the first nuclear reactor, built by Fermi under the grandstand of Stagg Field at the University of Chicago. (There are no photographs of the original reactor because of military secrecy.) Natural uranium was used with graphite as moderator. On December 2, 1942, Fermi slowly withdrew the cadmium control rods and the reactor went critical. This first self-sustaining chain reaction was announced to Washington, by telephone, by Arthur Compton who witnessed the event and reported: “The Italian navigator has just landed in the new world.”

Allgemeines Funktionsprinzip eines Kernreaktors:



verschiedene Reaktortypen: (aus K. Heinloth, die Energiefrage, Vieweg 1997)

Reaktor-Typ	therm./schnelle Neutronen	Spaltstoff	Grad der Anreicherung	Schwermetall-Inventar [t]	Moderator	Kühlmittel	Kühlmittel-Druck [bar]	Kühlmittel-Temp. [°C]	Konversionsrate	therm. Leistung [MW _{therm}]	Wirkungsgrad = $\frac{\text{el. Leist.}}{\text{therm. Leist.}}$	Anzahl der Reaktoren	Gesamtleistung [MW _{el}]
Druckwasser DWR	t	UO ₂	3%	80	H ₂ O	H ₂ O	155	323	0.55	3 800	33%	e 330	e 320 000
Siedewasser SWR	t	UO ₂	3%	120	H ₂ O	H ₂ O	70	286	0.6	3 800	33%		
Schwerwasser HWR	t	UO ₂	0.7%	115	D ₂ O	D ₂ O	115	312	0.8	2 700	30%	32	18 000
Gas-Graphit GGR	t	U	0.7%	900	Graphit	CO ₂	28	414	0.8	600	33%	24	4 200
Advanced-GGR AGR	t	UO ₂	2.6%	170	Graphit	CO ₂	41	651	0.6	1 400	42%	14	8 500
Hochtemperatur HTR	t	UO ₂	20%	5	Graphit	He	70	850	0.7	600	48%	(1) ^a	280
Wasser-Graphit RBMK	t	UO ₂	1.8%	190	Graphit	H ₂ O	65	280	ca. 0.6	3 200	30%	16	15 000
Brutreaktor BR	s	UO ₂ / PuO ₂	18%	76	–	Na	2.5	545	1.2	3 000	41%	3 ^d	1 000
Heiz-Reaktor	t	UO ₂	1.8% – 3%	15 ^b		H ₂ O	2.5	210	ca. 0.6	200	–	1 ^c	

^a Test-Anlage

^b jew. 200 MW_{therm}

^c 5 MW_{therm}-Testreaktor

^d Betriebsbereit 1996

^e Summe der DWR und SWR

5. Hochtemperaturreaktor (HTR)

kann inhärent sicher gebaut werden, sowohl selbsttätig stabilisierend als auch Nachwärmeabfuhr selbsttätig ohne Freisetzung geringer Mengen Radioaktivität
Betrieb bei 800-1000 °C

10% ^{235}U eingebettet in Keramik; einzelne Fasern von Brennstoffmaterial ($< 1\text{mm}$) eingehüllt in pyrolytischen C+SiC; alles in Graphitmatrix, die moderiert wird

Wärmeabfuhr über Helium (höhere thermische Effizienz)
bei Kühlmittelverlust: Erwärmung um einige 100 °C bis natürliches Gleichgewicht zwischen Wärmeproduktion und Wärmeleitung an die Oberfläche und von dort Wärmestrahlung

max. Leistung: 100-300 MW_{el} um Sicherheit zu garantieren

6. Brutreaktoren (BR)

Plutonium (siehe oben) wird aus ^{238}U erbrütet; erfordert sehr hohe Neutronendichte, Kühlmittel mit sehr hoher Wärmeleitung (Natrium)
erbrütet mehr Spaltmaterial als künftigen Eigenbedarf
aktuell, sobald keine ausreichenden U-Vorräte mehr

ein typischer kommerzieller
Reaktor (Westinghouse
Druckwasser-Reaktor):

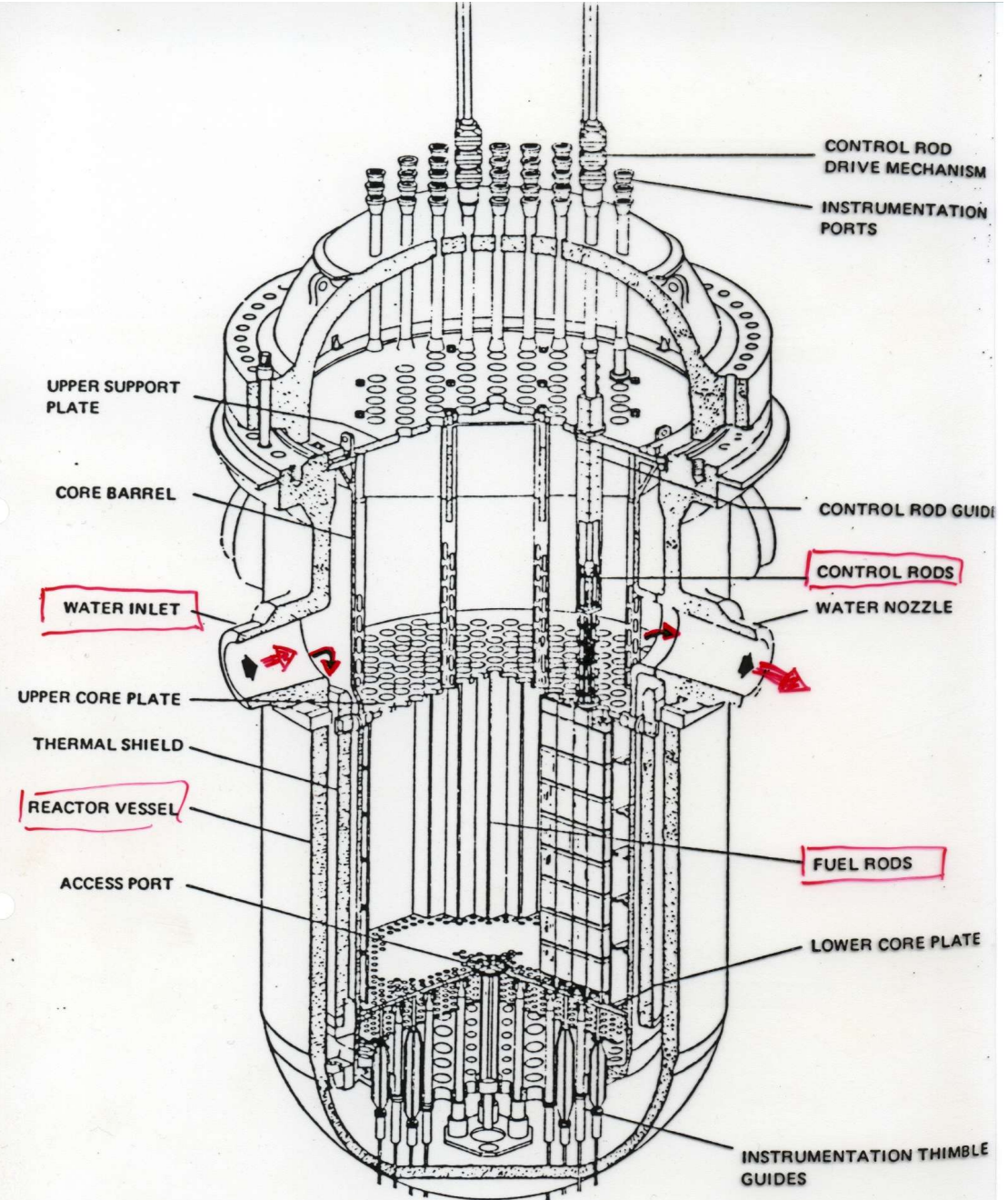


Figure 12-13 A Westinghouse pressurized-water power reactor. The reactor is used to produce steam, which generates electricity. Power: 3250 MW thermal, 1054 MW electric. Fuel 86 000 kg 3% ^{235}U as UO_2 rods clad in ZrNb alloy. Moderator and coolant, ordinary water; core diameter 3.28 m; pressure 153 atm. Temperature: inlet 291°C, outlet 325°C. Average neutron flux 3.5×10^{13} neutrons $\text{cm}^{-2} \text{sec}^{-1}$. Control rods of B_4C . [Westinghouse Preliminary and Final Safety Analysis Reports; courtesy Diablo plant.]

Tabelle 5.4

Kernkraftwerksblöcke und installierte elektrische Leistung (weltweit)

Land	in Betrieb		im Bau		in Betrieb	
	Anzahl	GW	Anzahl	GW	Anzahl	Leistung
Argentinien	2	1.0				
Belgien	7	5.8			■	■
Bulgarien	6	3.7			■	
China	3	2.2				
Deutschland	20	22.6			■	■
Finnland	4	2.4				
Frankreich	56	61			■	■
Großbritannien	34	13.8			■	■
Indien	9	2			■	
Japan	49	40.5			■	■
Kanada	22	16.7			■	■
Süd-Korea	10	8.6			■	■
Litauen	2	3				
Niederlande	2	0.5				
Pakistan	1	0.1				
Rumänien	2	1.2				
Russland	29	21.2			■	■
Schweden	12	10.4			■	■
Schweiz	5	3.1				
Slowakei	4	1.8				
Spanien	9	7.4			■	■
Taiwan	6	5.1			■	■
Tschechien	4	1.7				
Ukraine	15	13.8			■	■
Ungarn	4					k.A.
USA	109	104.8			■	■
Weitere Länder	5	6.0			■	■
Welt	431	360	60	54		
Westeuropa	149	127	5	7.2		
Osteuropa	66	48	27	22		
Asien	85	63.5	24	19.6		
Amerika	131	121.5	4	5.1	.	