

**KERNFORSCHUNGSZENTRUM
KARLSRUHE**

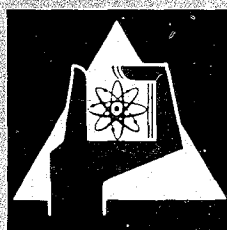
Mai 1968

KFK 767

Institut für Radiochemie

Abschätzung unbekannter Anregungsfunktionen für
(α, xn)-, (α, pxn)-, (d, xn)-, (d, pxn)- und (p, xn)-Reaktionen

J. Lange, H. Münzel



GESELLSCHAFT FÜR KERNFORSCHUNG M. B. H.
KARLSRUHE

KERNFORSCHUNGSZENTRUM KARLSRUHE

Mai 1968

K F K - 767

Institut für Radiochemie

Abschätzung unbekannter Anregungsfunktionen für
(α, xn)-, (α, pxn)-, (d, xn)-, (d, pxn)- und (p, xn)-Reaktionen

von

Jürgen Lange und Helmut Münzel

Gesellschaft für Kernforschung m.b.H., Karlsruhe

Inhalt

1. Einleitung	1
2. Zusammenstellung experimenteller Anregungsfunktionen	2
3. Diskussion	2
4. Konstruktion unbekannter Anregungsfunktionen	6
5. Ausbeuten für die Bestrahlung dicker Targets	7
6. Tabelle der charakteristischen Daten der Anregungsfunktionen ...	11
7. Literatur	20
8. Abbildungen	23

1. Einleitung

Bei der Herstellung von Radionukliden durch Kernreaktionen mit geladenen Projektilen ist es nützlich, die Anregungsfunktion, d.h. die Abhängigkeit des Wirkungsquerschnitts von der Projektilenergie, zu kennen. Dadurch ist es möglich, die zur Aktivitätserzeugung günstigsten Bestrahlungsbedingungen zu wählen und somit den Teilchenbeschleuniger optimal einzusetzen. In vielen Fällen ist jedoch die Anregungsfunktion nicht bekannt, so daß man auf Abschätzungen angewiesen ist.

Allgemein verlaufen Anregungsfunktionen in der Art, daß die Wirkungsquerschnitte oberhalb einer Schwellenenergie zunächst mit der Projektilenergie stark zunehmen, ein Maximum durchlaufen und danach langsam wieder abnehmen. Ausgehend von diesem generellen Verlauf sollte es möglich sein, unter Berücksichtigung der Eigenschaften von Targetkern und Projektil Anregungsfunktionen für bestimmte Reaktionen abzuschätzen. Dabei kann man davon ausgehen, daß bis zu Projektilenergien von etwa 100 MeV die Reaktionen vorzugsweise über die Bildung von Compoundkernen ablaufen. Die Eigenschaften des Compoundkernes ändern sich im wesentlichen kontinuierlich mit der Nukleonen- und der Ordnungszahl sowie der Anregungsenergie. Deshalb kann man annehmen, daß die charakteristischen Daten der Anregungsfunktionen, wie Höhen und Lagen der Maxima sowie die Halbwertsbreiten ebenfalls kontinuierlich von diesen Größen abhängen.

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob Abschätzungen von Anregungsfunktionen unter Berücksichtigung dieser Vorstellung auf empirischer Grundlage durchgeführt werden können. Zu diesem Zweck wurden veröffentlichte Anregungsfunktionen miteinander verglichen. Dabei zeigte sich, daß die Abhängigkeiten der charakteristischen Eigenschaften der Anregungsfunktionen von den Ordnungszahlen der Targetkerne in guter Näherung durch kontinuierlich verlaufende Kurven wiedergegeben werden können. Da bei gegebener Ordnungszahl die Nukleonenzahl des Targetmaterials nur in engen Grenzen verändert werden kann, sollte es im Rahmen dieser Betrachtungen möglich sein, die Nukleonenzahl als Funktion der Ordnungszahl zu betrachten. Durch diese Annahme wird die Zahl der Variablen auf zwei, d.h. die Ordnungszahl und die Anregungsenergie, reduziert.

Davon ausgehend wurden Anregungsfunktionen für Targetkerne konstruiert, deren Ordnungszahlen sich jeweils um 20 Einheiten unterscheiden. Die dabei erreichte Genauigkeit wird durch den Vergleich mit experimentell ermittelten Anregungsfunktionen gezeigt. Außerdem wurden die bei der Bestrahlung dicker Targets zu erwartenden Aktivitäten berechnet.

2. Zusammenstellung experimenteller Anregungsfunktionen

In dieser Arbeit wurden Anregungsfunktionen der Reaktionen (α, xn) , (α, pxn) , (d, xn) , (d, pxn) und (p, xn) für Projektilenergien bis zu 100 MeV berücksichtigt. Zur Literatursuche wurden für den Zeitraum 1956 bis 1962 die "Science Abstracts" und für 1962 bis 1967 die "Nuclear Science Abstracts" jeweils unter Benutzung des Stichworts "Nuclear Reactions" herangezogen. Außerdem wurden Zusammenfassungen (Ja-56, Sm-61, CPX-1, CPX-2) verwendet, in denen Anregungsfunktionen für Targetkerne mit Ordnungszahlen ≤ 29 aufgeführt sind. Die Anregungsfunktionen geben die Gesamtwirkungsquerschnitte für die erzeugten Kernarten wieder, unabhängig davon, ob diese im metastabilen und/oder Grundzustand gebildet werden.

Zur Auswertung der Anregungsfunktionen wurden die in der Literatur veröffentlichten Wirkungsquerschnitte grafisch dargestellt und aus den visuell eingezeichneten Kurven die charakteristischen Daten der Anregungsfunktionen entnommen. In der Tabelle und den Abb. 2 - 4 sind diese Daten zusammengestellt worden. Abb. 5 enthält eine Zusammenfassung der sich aus den Abb. 2-4 ergebenden Abhängigkeiten. Reichten die experimentellen Daten zur Festlegung des Kurvenverlaufs nicht aus, so wurde der Verlauf in Analogie zu vergleichbaren Reaktionen abgeschätzt. Die Tabelle enthält außerdem die Q-Werte der Reaktionen, die nach den von Mattauch et al. (Ma-65) veröffentlichten Massentabellen berechnet wurden.

3. Diskussion

In diesem Abschnitt wird geprüft, ob der sich aus den Vorstellungen über Compoundkernreaktionen ergebende Einfluß der Nukleonen- oder Ordnungszahl des Targetkernes auf die charakteristischen Daten von Anregungsfunktionen mit den tatsächlichen Verhältnissen übereinstimmt. Damit soll festgestellt werden, ob die für die Abschätzung unbekannter Anregungsfunktionen einge-

fürten Voraussetzungen zutreffen.

Allgemein kann man die Abhängigkeit des Bildungsquerschnitts eines Compoundkernes von der Projektilenergie durch die in Abb. 1 stark gezeichnete Kurve darstellen. Der horizontale Verlauf entspricht etwa dem geometrischen Wirkungsquerschnitt. Der Zerfall kann bei genügend hoher Anregungsenergie durch Emission von Neutronen oder/und geladenen Teilchen erfolgen. Nimmt man vereinfachend an, daß der Compoundkern nur durch Emission von Neutronen zerfällt, so ergeben sich für die (\dots, xn) -Reaktionen mit $x=1, 2, 3 \dots$ die in Abb. 1 schematisch dargestellten Anregungsfunktionen (dünn gezeichnet).

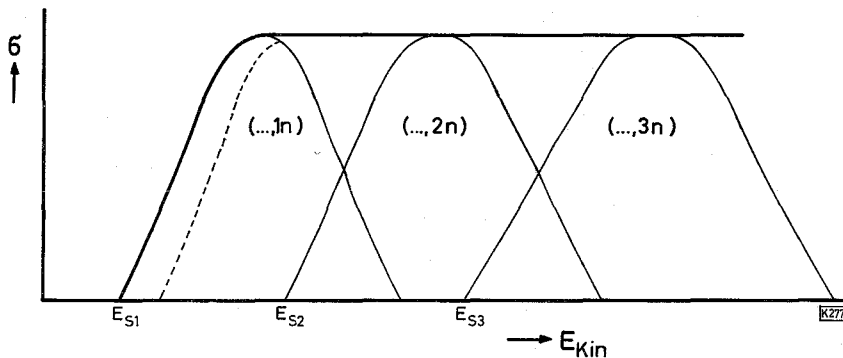


Abb. 1 Anregungsfunktionen für Compoundkernreaktionen, bei denen nur Neutronen emittiert werden (schematische Darstellung)

Jede Reaktion setzt bei einer bestimmten Schwellenenergie E_S ein, die mit dem Q -Wert folgendermaßen zusammenhängt:

$$E_S = - Q \cdot \frac{A_C}{A_T} \quad (\text{Gl. 1})$$

A_C, A_T = Nukleonenzahlen von Compoundkern bzw. Targetkern

Ist die Coulombenergie größer als E_S , so wird, wie in Abb. 1 durch den gestrichelten Kurvenverlauf angedeutet, die Reaktion erst bei einer höheren Energie einsetzen. Daß die experimentellen Anregungsfunktionen bei höheren

Energien im Vergleich zu den gezeichneten Kurven weniger steil abfallen, ist auf Direktreaktionen zurückzuführen.

Die Höhen der Maxima von Anregungsfunktionen für (\dots, xn) -Reaktionen stimmen nach Abb. 1 annähernd überein. Lediglich bei der (\dots, ln) -Reaktion ist damit zu rechnen, daß die maximalen Wirkungsquerschnitte mit steigender Ordnungszahl abnehmen, da die Coulombschwelle ansteigt. Ist die Coulombschwelle größer als die Schwellenenergie der Reaktion, so wird die (\dots, ln) -Reaktion z.T. unterdrückt und damit das Maximum der Anregungsfunktion erniedrigt. Die aus experimentellen Daten gewonnenen Kurven für die (α, n) , (d, n) - und (p, n) -Reaktionen (Abb. 5) zeigen tatsächlich einen diesen Erwartungen entsprechenden Verlauf.

Neben der Neutronenverdampfung ist bei Compoundkernreaktionen auch die Verdampfung geladener Teilchen z.B. Protonen zu berücksichtigen. Der Anteil der Protonenverdampfung sollte um so größer werden, je kleiner die Ordnungszahl und somit die Höhe des Coulombwalles des Targetkernes ist. Die Verdampfung geladener Teilchen erfolgt dabei auf Kosten der Neutronenemission, so daß die Höhen der Maxima für (\dots, xn) -Reaktionen im Bereich niedriger Ordnungszahlen kleiner sind als für (\dots, p) -Reaktionen. Wie aus dem Verlauf der Kurven für einerseits die (α, p) -, (α, pn) - und (d, p) -Reaktionen (Abb. 5) und andererseits der (\dots, xn) -Reaktionen zu ersehen ist, wird diese Erwartung durch die experimentellen Befunde bestätigt.

Konkurrenzreaktionen werden den erwarteten Verlauf von Anregungsfunktionen beeinflussen, so z.B. bei Targetkernen hoher Ordnungszahlen die Kernspaltung. Aus den Kurven der Abb. 5 geht hervor, daß die experimentellen Wirkungsquerschnitte für Targetkerne mit Ordnungszahlen über 90 wie erwartet wesentlich kleiner sind.

Um den Einfluß der Ordnungszahl des Targetkernes auf die Lagen der Maxima von Anregungsfunktionen zu erkennen, ist es zweckmäßig, die Kurven auf die Schwellenenergien bzw. auf die sich davon in der Regel numerisch nur wenig unterscheidenden Q -Werte der Reaktionen zu beziehen (siehe Gl. 1). Dadurch wird erreicht, daß alle Anregungsfunktionen etwa an der gleichen Stelle der Energieskala beginnen und die Lage der Maxima von den unterschiedlichen Q -Werten nicht beeinflußt wird. Aus diesem Grunde wurden in dieser Arbeit alle Kurven auf die Energieskala $E + Q$ bezogen (E = kin. Energie des Projektils).

Zunächst werden wiederum nur (\dots, xn)-Reaktionen betrachtet. Wäre die kinetische Energie der verdampften Neutronen von der Anregungsenergie unabhängig und weiterhin die Neutronenbindungsenergien für verschiedene Zwischenkerne konstant, dann sollten die gegen $E + Q$ aufgetragenen Anregungsfunktionen für verschiedene x -Werte übereinstimmen. Tatsächlich nimmt jedoch die mittlere kinetische Energie der emittierten Neutronen \bar{E}_n mit der Anregungsenergie des Compoundkernes E^* zu:

$$\bar{E}_n = 2 \sqrt{\frac{K E^*}{A_C}} \quad (\text{Gl. 2})$$

Die Konstante K besitzt etwa den Wert 10. Nach Gl. 2 ist zu erwarten, daß die Maxima der Anregungsfunktionen mit ansteigendem x nach höheren Energien hin verschoben werden. In gleicher Weise sollte sich auch auswirken, daß die Neutronenbindungsenergien mit zunehmendem Neutronenunterschluß der Zwischenkerne ansteigen. Wie aus Abb. 5 zu erkennen ist, werden diese Erwartungen durch die experimentellen Befunde bestätigt.

Der Einfluß der Nukleonenzahl bzw. Ordnungszahl der Targetkerne auf die Lage der Maxima ergibt sich aus folgender Überlegung: Nach Gl. 1 nimmt mit steigender Nukleonenzahl die mittlere kinetische Energie der Neutronen ab. Da auch die Neutronenbindungsenergie mit zunehmender Nukleonenzahl abnimmt, sollte sich das Maximum insgesamt mit wachsender Ordnungszahl nach kleineren Energien hin verschieben. Dieser erwartete Verlauf ist deutlich erkennbar bei allen (α, xn)-Reaktionen und den (d, xn)- sowie ($p, \beta n$)-Reaktionen.

Die kinetische Energie der emittierten Protonen nimmt mit steigender Ordnungszahl aufgrund der größer werdenden Coulombschwelle zu. Wie erwartet, wird das Maximum der Anregungsfunktionen für die (α, p)-, (α, pn)- und (d, p)-Reaktionen tatsächlich mit steigender Ordnungszahl nach höheren Energien verschoben (siehe Abb. 5).

Um den Einfluß des Targetnuklids auf die Halbwertsbreite der Anregungsfunktion zu erkennen, wurde eine Abschätzung durchgeführt. Dabei wurde vorausgesetzt, daß die mittlere kinetische Energie der Neutronen durch Gl. 2 gegeben ist und daß das Energiespektrum der Neutronen einer Maxwellverteilung entspricht. Es ergab sich dabei, daß die Halbwertsbreite bei (\dots, xn)-Reaktionen mit steigendem x zunimmt und daß sie bei gegebenem x -Wert mit steigender Ordnungszahl abnimmt. Aus Abb. 5 ist zu erkennen, daß diese Erwar-

tungen wirklich zutreffen.

Die bisherige Diskussion bezog sich stets auf Compoundkernreaktionen. Reaktionen mit α -Teilchen und Protonen dürften im betrachteten Energiebereich im wesentlichen nach diesem Mechanismus ablaufen. Deuteronenreaktionen sollten dagegen zu einem merklichen Teil als Direktreaktion d.h. als Strippingreaktion ablaufen. Es ist bemerkenswert, daß trotzdem die aus der Compoundkernvorstellung resultierenden Erwartungen auch bei Deuteronenreaktionen weitgehend zutreffen. Der abweichende Verlauf der Halbwertsbreiten bei (d,p)- und (d,n)-Reaktionen ist dagegen auf den Einfluß der Strippingreaktion zurückzuführen. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, daß der Anstieg der Halbwertsbreite mit der Ordnungszahl auch noch durch die positiven Q-Werte unterstützt wird. Denn diese bedingen, daß die Coulombschwelle das Einsetzen der Reaktion bestimmt und damit eine Veränderung der Kurvenform verursacht.

Wie der Vergleich mit den experimentellen Daten zeigt, reichen die aufgrund des Compoundkernmodells durchgeführten Abschätzungen aus, um den generellen Verlauf der untersuchten Abhängigkeiten richtig wiederzugeben. Es ist daher gerechtfertigt, die aus den experimentellen Daten gewonnenen Beziehungen zu verallgemeinern, um dadurch unbekannte Anregungsfunktionen abzuschätzen. Zu beachten ist jedoch, daß die ermittelten Abhängigkeiten von individuellen Abweichungen überlagert sein können, die z.B. durch magische Neutronen- oder Protonenzahlen der Reaktionspartner bedingt sind. Als Beispiel sei dabei auf die Anregungsfunktionen für die (α, xn) -Reaktionen mit dem neutronenmagischen Targetkern Fe-54 hingewiesen.

4. Konstruktion unbekannter Anregungsfunktionen

Unbekannte Anregungsfunktionen wurden auf folgende Weise konstruiert: Alle experimentellen Anregungsfunktionen einer Reaktionsart wurden so übereinander gezeichnet, daß die Vorderflanken und die maximalen Höhen möglichst gut übereinstimmten. Aus dieser Kurvenschar wurde die Anregungsfunktion mit der sich nach Abb. 5 ergebenden Halbwertsbreite ausgewählt. Unter Verwendung der aus Abb. 5 entnommenen Werte für die Lage und den maximalen Wirkungsquerschnitt wurde diese Kurve auf halb-logarithmisches Papier übertragen.

Die Konstruktion einer Anregungsfunktion für ein bestimmtes Radionuklid auf diesem Wege ist ein verhältnismäßig umständliches Verfahren. Da sich die Eigenschaften der Anregungsfunktionen in begrenzten Ordnungszahlenbereichen nur wenig ändern, erschien es zweckmäßig, anders vorzugehen. Daher wurden für jede Reaktionsart die in den Abb. 6 wiedergegebenen Anregungsfunktionen für die Targetordnungen 30, 50, 70 und 90 konstruiert. Von diesen Kurven wird angenommen, daß sie jeweils für einen Ordnungszahlenbereich von etwa ± 10 Einheiten die tatsächlichen Verhältnisse zutreffend wiedergeben. Wie weit diese Annahme erfüllt ist, zeigt der Vergleich mit den gleichzeitig in die Abbildungen aufgenommenen experimentellen Anregungsfunktionen. Daraus ist zu erkennen, daß die durch die konstruierten Kurven dargestellten Wirkungsquerschnitte in der Regel um weniger als den Faktor 2 von den experimentellen Werten abweichen.

5. Ausbeuten für die Bestrahlung dicker Targets

Die bei der Bestrahlung dicker Targets entstehende Aktivität (= Dicke-Target-Ausbeute) wurde unter Verwendung der geschätzten Anregungsfunktionen für die Fälle berechnet, daß

1. die Bestrahlungszeit t $1/10$ der Halbwertszeit T des Reaktionsproduktes beträgt (AK),
2. die Bestrahlungszeit so groß ist, daß Sättigungsaktivität erreicht wird (AL.).

Dabei wurde angenommen, daß als Targetsubstanz die betreffenden Elemente- und nicht chemische Verbindungen davon-dienen und daß die Isotopenhäufigkeit 100 % beträgt.

Für den ersten Fall wurde die Dicke-Target-Ausbeute nach folgenden Beziehungen ermittelt:

$$[AK]_{t=0,1T} = \sum [AK]_{t=0,1T}^{E_i \rightarrow E_{i+1}} \quad (Gl. 3)$$

Die Summanden stellen dabei die in einem begrenzten Bereich der Projektilenergie $E_i \rightarrow E_{i+1}$ entstehenden Aktivitäten dar.

$$[AK]_{t=0,1T}^{E_i \rightarrow E_{i+1}} = K_1 \frac{R_{i+1} - R_i}{A(E_{i+1} - E_i)} \int_{E_i}^{E_{i+1}} \sigma(E) dE \quad \text{in } \frac{\mu Ci}{\mu A} \quad (\text{Gl. 4})$$

Wird eine Bestrahlungsdauer von 1 h gewählt, so ist $[AK]_{t=0,1T}$ mit dem Faktor $\frac{10}{T}$ zu multiplizieren.

Ausbeuten für lange Bestrahlungszeiten wurden nach folgender Gleichung berechnet:

$$[AL]_{t \gg T}^{E_i \rightarrow E_{i+1}} = \sum [AL]_{t \gg T}^{E_i \rightarrow E_{i+1}} \quad \text{in } \frac{\mu Ci}{\mu A} \quad (\text{Gl. 5})$$

wobei

$$[AL]_{t \gg T}^{E_i \rightarrow E_{i+1}} = K_2 [AK]_{t=0,1T}^{E_i \rightarrow E_{i+1}} \quad (\text{Gl. 6})$$

ist.

In den Gleichungen bedeuten:

K_1 = Konstante, die für Protonen und Deuteronen den Wert $7,04 \cdot 10^3$ und für α -Teilchen den Wert $3,52 \cdot 10^3$ besitzt.

K_2 = Konstante mit dem Wert 14,4

R = Reichweite der Projektile im Targetelement in g/cm^2

A = Nukleonenzahl des Targetelementes

E = Projektilenergie in MeV

σ = Wirkungsquerschnitt in mb

T = Halbwertszeit der gebildeten Kernart in h

t = Bestrahlungsdauer in h

Die Grenzen in dem Energieintervall $E_i \rightarrow E_{i+1}$ waren so zu wählen, daß die Reichweite-Energiebeziehungen in diesem Intervall durch lineare Gleichungen dargestellt werden konnten. Es zeigte sich, daß 5 MeV-Intervalle dieser Forderung genügten. Die Abhängigkeit der Reichweite von der Projektilenergie wurde der von Williamson et al. (Wi-66) veröffentlichten Tabelle entnommen.

Die berechneten Ausbeuten für die Bestrahlung dicker Targets (Abb. 7) gelten für chemische Elemente. Wird eine chemische Verbindung bestrahlt, so ist in Gl. 4 u.a. die Reichweite R_V für diese Verbindung einzusetzen. R_V kann näherungsweise nach folgender Beziehung berechnet werden:

$$\frac{1}{R_V} = \frac{x_1}{R_1} + \frac{x_2}{R_2} + \frac{x_3}{R_3} + \dots \quad (\text{Gl. 7})$$

R_V = Reichweite der chemischen Verbindung in g/cm^2

R_1, R_2, R_3, \dots = Reichweiten in den Elementen, die in der Verbindung enthalten sind in g/cm^2

x_1, x_2, x_3, \dots = Gewichtsanteile der in der Verbindung enthaltenen Elemente

Geht man von den in Abb. 7 wiedergegebenen Dicke-Target-Ausbeuten für chemische Elemente aus, so erhält man die Dicke-Target-Ausbeute für eine chemische Verbindung unter Verwendung folgender Beziehung:

$$\left[\text{AK} \right]_V \approx \left[\text{AK} \right]_{\text{El}} \frac{A \cdot n \cdot H}{M} F \quad (\text{Gl. 8})$$

$$F = \frac{1}{x_1 + x_2 \frac{R_1}{R_2} + x_3 \frac{R_1}{R_3} + \dots} \quad (\text{Gl. 9})$$

In den Gleichungen bedeuten:

Index V = für die chem. Verbindung

Index El = für das chem. Element

A = Nukleonenzahl im Targetelement

M = Molekulargewicht der Targetverbindung

n = Zahl der Targetelementatome pro Molekül

H = Isotopenhäufigkeit des Targetnuklids im Element

Gl. 8 gilt entsprechend auch für die Berechnung von $\left[\text{AL} \right]_V$.

Da in vielen Fällen als Targets substanz das Oxid Verwendung findet, werden, zur leichteren Bestimmung des Korrekturfaktors F , in Abb. 8 auf Sauerstoff bezogene Reichweiteverhältnisse wiedergegeben.

Bei der Ableitung von Gl. 8 wurde von der Annahme ausgegangen, daß das Verhältnis der Reichweiten unabhängig von der Projektilenergie ist. Aus den Kurven der Abb. 8 ist zu ersehen, daß diese Annahme nicht generell erfüllt ist. Um Gl. 8 dennoch anwenden zu können, ist der Mittelwert des Reichweitenverhältnisses für den Energiebereich zu verwenden, in dem die Wirkungsquerschnitte für die betrachtete Kernreaktion besonders groß sind.

Fräulein I. Leitl danken wir für ihre Hilfe bei der Zusammenstellung der Daten und bei der Anfertigung der Abbildungen.

Tabelle der charakteristischen Daten der Anregungsfunktionen

Bedeutung der Spalten:

1. Nr. der Anregungsfunktionen in Abb. 6
2. Targetkern: Ordnungszahl, chem. Symbol, Massenzahl
3. Q-Wert der Reaktion (MeV)
4. Lage des Maximums bezogen auf die Energie E+Q (MeV)
5. Höhe des Maximums (mb)
6. Literatur

Nr. (α, n)	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
1	21 Sc-45	-2,2	12,7	630	Ch-64
2a	25 Mn-55	-3,5	8,7	680	Iw-62
2b	"-	-3,5	10,9	520	CPX-1
3	26 Fe-54	-5,8	10,5	190	CPX-1
4	27 Co-59	-5,1	-	-	St-64
5	28 Ni-60	-7,9	11,1	550	CPX-2
6	Ni-62	-6,5	9,7	950	CPX-2
7	29 Cu-63	-7,5	8,9	700	CPX-2
8a	Cu-65	-5,8	-	-	St-64
8b	"-	-5,8	11,8	820	CPX-2
9a	30 Zn-64	-9,2	10,9	770	Co-65
9b	"-	-9,2	10,2	320	Po-59/1
10	Zn-68	-5,7	-	-	St-64
11	37 Rb-85	-3,5	12,0	250	Iw-62
12	Rb-87	-3,8	10,0	240	Ri-64/1
13a	41 Nb-93	-7,0	9,4	470	Es-65
13b	"-	-7,0	-	-	St-64
14	42 Mo-92	-8,4	11,6	370	Es-65
15	Mo-100	-4,6	9,6	760	Es-65
16a	47 Ag-107	-7,6	9,2	420	Fu-63
16b	"-	-7,6	10,8	340	Bl-64
17	Ag-109	-6,4	10,0	360	Fu-65
18	48 Cd-106	-10,1	10,9	670	Ha-65

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>(α, n)</u>					
19	49 In-115	-7,2	12,1	300	Te-49
20	50 Sn-112	-13,0	6,4	550	Kh-65
21	Sn-114	-11,1	7,0	290	Kh-65
22	Sn-124	-5,6	13,4	160	Ha-61
23a	56 Ba-138	-8,6	7,4	130	Es-65
23b	-"-	-8,6	17,2	900	Ca-58
24a	57 La-139	-9,2	9,1	115	Ve-67
24b	-"-	-9,2	8,4	110	Fu-66
24c	-"-	-9,2	8,3	110	Es-65
25a	67 Ho-165	-9,2	11,8	79	Ma-66
25b	-"-	-9,2	8,8	30	Es-65
26	68 Er-164	-11,1	6,9	260	Ma-66
27	79 Au-197	-9,8	-	-	Ko-66
28	82 Pb-207	-12,1	10,3	110	Jo-56
29	Pb-208	-15,0	6,4	90	Sp-54
30	92 U-235	-10,9	-	-	Va-58
31	94 Pu-238	-13,1	-	-	Gl-56
<u>($\alpha, 2n$)</u>					
1	21 Sc-45	-12,8	13,3	200	Ch-64
2a	25 Mn-55	-12,1	-	640	Iw-62
2b	-"-	-12,1	-	670	CPX-1
3	26 Fe-54	-16,0	16,3	10	CPX-1
4	27 Co-59	-14,0	14,4	390	CPX-1
5	28 Ni-60	-17,1	14,9	180	CPX-2
6	29 Cu-63	-16,6	14,4	260	CPX-2
7a	Cu-65	-14,1	13,4	650	Po-59/2
7b	-"-	-14,1	-	1000	Br-63
8	30 Zn-64	-19,0	13,5	86	Po-59/1
9	32 Ge-70	-16,1	16,9	320	Am-59
10	35 Br-79	-14,4	-	2300	Gi-64
11	37 Rb-85	-12,7	12,3	810	Iw-62
12	47 Ag-107	-15,6	11,4	1000	Fu-63

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>($\alpha, 2n$)</u>					
13	Ag-109	-14,3	10,2	1050	Fu-65
14	48 Cd-106	-19,2	12,3	430	Ha-65
15	52 Te-130	-11,8	13,7	66	Br-67
16	67 Ho-165	-16,2	7,3	750	Ma-66
17	68 Er-164	-18,0	11,0	820	Ma-66
18a	79 Au-197	-16,4	12,6	640	Ko-66
18b	--	-16,4	13,6	800	Vi-63
18c	--	-16,4	12,4	650	Vi-66
19	82 Pb-206	-20,0	11,0	1050	Jo-56
20	Pb-208	-19,5	10,5	1000	Jo-56
21a	83 Bi-209	-20,3	9,9	900	Ke-49
21b	--	-20,3	10,5	910	Ra-59
22	92 U-233	-19,1	8,9	6,5	Va-58
23	U-235	-17,9	8,3	16	Va-58
24	93 Np-237	-18,3	9,7	16	Le-66
25	94 Pu-238	-17,8	8,2	15,5	Gl-56
26	Pu-239	-18,2	10,8	13	Gl-56
27	Pu-242	-17,2	7,8	10,5	Gl-56
28	98 Cf-252	-18,2	10,4	9,5	Si-59
<u>($\alpha, 3n$)</u>					
1	25 Mn-55	-23,5	-	-	CPX-1; Iw-62
2	26 Fe-56	-26,3	17,3	16	Ew-65
3	30 Zn-64	-31,5	-	-	Po-59/1
4	37 Rb-85	-24,7	15,1	600	Iw-62
5	47 Ag-107	-26,1	13,1	550	Fu-63
6a	Ag-109	-24,1	11,9	1000	Fu-65
6b	--	-24,1	13,9	950	Bi-64
7	49 In-115	-24,4	-	-	Te-49
8	50 Sn-124	-21,0	15,0	1400	Ha-61
9	57 La-139	-24,5	11,7	1400	Fu-66
10	67 Ho-165	-24,7	10,1	840	Ma-66
11	68 Er-164	-27,5	12,9	1180	Ma-66

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>($\alpha, 3n$)</u>					
12a	79 Au-197	-25,4	13,6	1100	Vi-63
12b	-"-	-25,4	12,8	1400	Ko-66
13	82 Pb-206	-28,5	-	-	Jo-56
14	Pb-207	-26,8	12,8	1400	Jo-56
15	83 Bi-209	-28,0	-	-	Ke-49
16	-"-	-28,0	11,5	1200	Ra-59
17	92 U-233	-25,3	9,1	1	Va-58
18	U-235	-23,8	9,8	8	Va-58
19	93 Np-237	-25,4	13,4	14	Le-66
20	94 Pu-239	-23,8	13,2	4,5	Gl-56
21	98 Cf-252	-25,0	12,4	3,3	Si-59
<u>(α, p)</u>					
1	26 Fe-54	-1,8	16,2	600	CPX-1
2	28 Ni-58	-3,1	-	-	CPX-2
3	30 Zn-64	-4,0	15,0	520	Po-59/1
4	42 Mo-92	-5,6	14,4	185	Es-65
5	48 Cd-106	-5,6	17,3	245	Ha-65
6	50 Sn-124	-6,4	23,0	18	Ha-61
<u>(α, pn)</u>					
1a	26 Fe-54	-13,2	14,8	750	CPX-1
1b	-"-	-13,2	14,6	470	Ta-59
2a	Fe-56	-13,7	13,7	840	Iw-62
2a	-"-	-13,7	14,7	790	CPX-1
2b	-"-	-13,7	16,3	630	Ew-65
3	28 Ni-60	-14,6	16,4	890	CPX-2
4	Ni-62	-14,3	17,2	495	CPX-2
5	29 Cu-63	-12,6	17,4	870	CPX-2
6a	30 Zn-64	-16,0	-	-	Co-65
6b	-"-	-16,0	16,6	790	Po-59/1
7	Zn-66	-15,5	-	-	Co-65
8	Zn-70	-13,9	17,1	88	Am-59
9	32 Ge-70	-15,3	15,7	575	Am-59

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>(α, pn)</u>					
10	47 Ag-107	-13,6	17,4	91	Fu-63
11	48 Cd-106	-16,7	18,6	225	Ha-65
12	50 Sn-124	-14,8	24,2	46	Ha-61
13	57 La-139	-15,6	-	-	Fu-66
14	94 Pu-238	-18,3	20,7	15	Gl-56
<u>(d, n)</u>					
1	22 Ti-47	4,6	12,4	200	Ch-64
2	24 Cr-50	2,9	8,3	265	Co-66
3	26 Fe-54	2,8	10,5	155	CPX-1
4	30 Zn-66	3,1	11,4	450	Wi-63
5	32 Ge-70	2,4	10,4	270	Ot-68
6a	40 Zr-94	4,6	13,8	120	Wo-65
6b	-"-	4,6	12,3	130	Bo-61
7a	Zr-96	5,2	12,7	85	Bo-61
7b	-"-	5,2	13,0	85	Ot-68
8	42 Mo-92	1,9	10,9	190	Wo-65
9	52 Te-130	5,2	16,2	75	Ot-68
10a	58 Ce-142	3,5	-	-	Bo-63
10b	-"-	3,5	15,9	60	Ot-66/2
11a	83 Bi-209	2,8	20,8	34	Ra-59
11b	-"-	2,8	-	32	Ke-49
12	92 U-235	2,6	22,2	10	Wi-59
13	94 Pu-239	2,2	24,2	14	Le-66
<u>(d, 2n)</u>					
1	22 Ti-47	-5,9	9,5	400	Ch-64
2	Ti-48	-7,0	10,0	38	Bu-54
3a	24 Cr-52	-7,7	-	-	Co-66
3b	-"-	-7,7	14,3	200	Bu-54
4	26 Fe-56	-7,6	10,0	310	CPX-1
5	29 Cu-63	-6,4	-	-	Gi-63
6a	Cu-65	-4,4	11,3	920	Dm-65
6b	-"-	-4,4	9,6	820	Wo-66
7a	30 Zn-66	-8,2	-	-	Wi-63

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>(d,2n)</u>					
7b	30 Zn-66	-8,2	-	-	Gi-63
8	Zn-68	-5,9	-	-	Gi-63
9	32 Ge-70	-9,2	-	-	Ot-68
10	34 Se-82	-3,1	-	-	Mi-51
11a	40 Zr-96	-2,8	-	-	Bo-61
11b	-"-	-2,8	8,2	1050	Ot-68
12	52 Te-126	-5,2	7,3	750	Pe-66
13	Te-128	-4,3	9,0	800	Pe-66
14a	Te-130	-3,4	8,8	700	Pe-66
14b	-"-	-3,4	8,5	750	Ot-68
15	53 J-127	-3,7	10,9	700	Ba-54
16	55 Cs-133	-3,5	10,3	600	Pe-66
17a	58 Ce-142	-3,8	-	-	Bo-63
17b	-"-	-3,8	7,8	750	Ot-66/2
18	73 Ta-181	-3,2	8,4	660	Kr-66
19	74 W-184	-4,7	-	-	An-64
20	W-186	-3,6	9,2	380	Pe-66
21	79 Au-197	-3,8	10,8	600	Va-60
22	83 Bi-209	-4,9	9,9	540	Ra-59
23	92 U-234	-4,8	9,2	32	Le-66
24a	U-235	-3,1	8,6	19	Le-66
24b	-"-	-3,1	10,8	25	Wi-59
25	U-236	-3,9	8,4	43	Le-66
26a	U-238	-3,1	8,9	48	Le-66
26b	-"-	-3,1	10,5	70	Wi-59
27	94 Pu-239	-3,8	10,6	28	Le-66
<u>(d,3n)</u>					
1	40 Zr-96	-10,0	-	-	Ot-68
2	53 J-127	-10,9	-	-	Ba-54
3	59 Pr-141	-12,7	12,9	1200	La-67
4a	83 Bi-209	-11,9	-	-	Ke-49
4b	-"-	-11,9	-	-	Ra-59
5	92 U-234	-10,9	7,9	19	Le-66

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>(d, 3n)</u>					
6a	92 U-235	-10,1	10,1	26	Le-66
6b	-"-	-10,1	8,9	24	Wi-59
7	U-236	-9,6	9,4	57	Le-66
8	94 Pu-239	-10,9	-	-	Le-66
<u>(d, p)</u>					
1	27 Co-59	5,3	13,1	300	Na-67
2	29 Cu-63	5,7	14,7	275	Gi-63
3	30 Zn-68	4,3	12,5	450	Gi-63
4	32 Ge-70	5,2	13,4	450	Ot-68
5	33 As-75	5,1	13,6	250	Bo-62
6	35 Br-81	5,4	13,9	370	Cl-44
7	39 Y-89	4,6	13,6	205	Ri-64
8	40 Zr-94	4,2	13,4	280	Bo-61
9a	Zr-96	3,4	12,8	220	Bo-61
9b	-"-	3,4	12,6	300	Ot-68
10	45 Rh-103	4,8	14,5	200	Na-67
11	46 Pd-110	3,5	12,8	285	Na-67
12	48 Cd-114	3,9	13,3	265	Na-67
13	52 Te-130	3,7	13,5	200	Ot-68
14	55 Cs-133	3,9	13,5	175	Na-67
15a	58 Ce-142	2,9	-	-	Bo-63
15b	-"-	2,9	12,9	230	Ot-66/2
16	59 Pr-141	3,6	15,8	260	La-67
17	73 Ta-181	3,8	15,8	230	Na-67
18	74 W-184	3,5	15,8	280	An-64
19	W-186	3,3	15,7	310	An-64
20	75 Re-187	3,0	17,0	210	Na-67
21	78 Pt-196	3,1	-	-	Na-67
22a	79 Au-197	4,3	18,8	280	Sa-64
22b	-"-	4,3	19,3	160	Na-66
23	82 Pb-208	1,7	15,1	205	Ra-59

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>(d,p)</u>					
24	83 Bi-209	2,4	15,4	115	Ke-49
25	Bi-209	2,4	15,6	110	Ra-59
26	92 U-238	2,6	18,6	220	Ra-59
<u>(p,n)</u>					
1	22 Ti-47	-3,7	6,5	300	Ta-59
2	Ti-48	-4,8	7,2	510	Ta-59
3a	23 V-51	-1,5	-	-	Wi-62
3b	-"-	-1,5	11,5	700	Ho-63
4a	24 Cr-52	-5,5	7,1	600	Li-59
4b	-"-	-5,5	-	-	Wi-62
5	25 Mn-55	-1,0	-	-	CPX-1
6	26 Fe-56	-5,4	6,6	450	CPX-1
7	Fe-57	-1,6	7,4	400	CPX-1
8	27 Co-59	-1,9	8,1	500	CPX-1
9	28 Ni-61	-3,0	6,6	700	CPX-2
10	Ni-62	-4,7	-	-	CPX-2
11	Ni-64	-2,5	7,9	850	CPX-2
12	29 Cu-63	-4,2	8,2	500	CPX-2
13	Cu-65	-2,1	-	-	CPX-2
14	31 Ga-69	-2,2	-	-	Po-63
15	39 Y-89	-3,6	9,4	730	Sa-66
16	47 Ag-107	-2,2	-	-	Wi-62
17	Ag-109	-1,0	8,2	360	Wi-62
18	48 Cd-110	-4,7	8,3	870	Ot-66/1
19a	Cd-111	-1,9	11,1	530	Ot-66/1
19b	-"-	-1,9	-	-	Wi-62
20	Cd-112	-3,4	-	-	Ot-66/1
21	Cd-114	-2,2	-	-	Wi-62
22	50 Sn-124	-1,4	-	-	Ke-65
23	57 La-139	-1,1	-	-	Wi-62
24	58 Ce-142	-1,6	7,4	120	Ve-67
25	59 Pr-141	-2,6	-	-	Ol-61
26a	73 Ta-181	-1,0	8,5	100	Ha-62

Nr.	Targetkern	Q-Wert	Lage Maximum	Höhe Maximum	Literatur
<u>(p,n)</u>					
26b	73 Ta-181	-1,0	9,0	100	Kr-66
26c	-"-	-1,0	9,0	105	Ch-67
26d	-"-	-1,0	12	100	Ra-63
27	79 Au-197	-1,6	9,2	95	Ha-62
<u>(p,2n)</u>					
1	23 V-51	-10,8	4,2	240	Ch-67
2	27 Co-59	-10,9	-	-	Ch-67
3	28 Ni-62	-13,6	9,9	210	CPX-2
4	29 Cu-63	-13,3	11,7	180	CPX-2
5	31 Ga-69	-11,6	7,4	500	Po-63
6	39 Y-89	-12,8	13,2	1300	Sa-66
7	41 Nb-93	- 9,3	-	-	Ch-67
8	47 Ag-107	-10,1	-	-	Ch-67
9	48 Cd-110	-12,7	-	-	Ot-66/1
10	Cd-111	-11,7	-	-	Ot-66/1
11	Cd-112	-11,3	9,7	1050	Ot-66/1
12a	73 Ta-181	-7,9	-	-	Ha-62
12b	-"-	-7,9	6,8	900	Ch-67
13a	79 Au-197	-8,2	-	-	Ha-62
13b	-"-	-8,2	-	-	Ch-67
14	82 Pb-206	-11,6	9,4	1050	Be-56
<u>(p,3n)</u>					
1	23 V-51	-23,7	16,3	100	Ho-63
2	27 Co-59	-23,1	17,9	11	CPX-1
3	29 Cu-65	-22,0	16,0	160	CPX-2
4	31 Ga-69	-23,8	13,2	65	Po-63
5	Ga-71	-20,0	10,0	550	Po-63
6	39 Y-89	-20,8	20,2	390	Sa-66
7	48 Cd-112	-21,1	9,9	780	Ot-66/1
8	73 Ta-181	-15,5	9,5	1200	Ra-63
9	82 Pb-206	-20,0	9,0	900	Be-56
10	83 Bi-209	-18,0	12,0	850	Be-56

Literatur

- Am-59 S. Amiel Phys. Rev. 116, 415, (1959)
- An-64 R.L. Andelin J. Inorg. Nucl. Chem. 26, 1117, (1964)
- Ba-54 S.J. Balestrini Phys. Rev. 95, 1502, (1954)
- Be-56 R.E. Bell u. H.M. Skarsgard Canad. J. Phys. 34, 745, (1956)
- Bi-64 C.T. Bishop, J.R. Huizenga u. J.P. Hummel
Phys. Rev. 135, B 401, (1964)
- Bo-61 R. Bock Z. Physik 164, 546, (1961)
- Bo-62 L.H. Bowen u. J.W. Irvine Phys. Rev. 127, 1698, (1962)
- Bo-63 R. Bock u. R. Rüdell Z. Physik 174, 440, (1963)
- Br-63 E.A. Bryant, D.R.F. Cochran u. J.D. Knight Phys. Rev. 130, 1512, (1963)
- Br-67 H.F. Brinckmann, C. Heiser u. W.D. Fromm Nucl. Phys. A96, 318, (1967)
- Bu-54 W.H. Burgus, G.A. Gowan, J.W. Hadley, W. Hess, T. Shull,
M.L. Stevenson u. H.F. York Phys. Rev. 95, 750, (1954)
- Ca-58 A.A. Caretto u. G. Friedlander Phys. Rev. 110, 1169, (1958)
- Ch-64 K.L. Chen u. J.M. Miller Phys. Rev. 134B, 1269, (1964)
- Ch-67 G. Chodil, R.C. Jopson, H. Mark, D.C. Swift, R.G. Thomas u. M.K. Yates
Nucl. Phys. A93, 648, (1967)
- Cl-44 E.T. Clarke u. J.W. Irvine Phys. Rev. 66, 231, (1944)
- Co-65 M. Cogneau u. L.J. Gilly Nucl. Phys. 73, 122, (1965)
- Co-66 M. Cogneau, L. Gilly u. J. Cara Nucl. Phys. 79, 203, (1966)
- CPX-1 ORNL-CPX-1 (1964)
- CPX-2 ORNL-CPX-2 (1964)
- Dm-65 P.P. Dmitriev u. N.N. Krasnov Energ. Atomique 18, 143, (1965)
- Es-65 R.A. Esterlund u. B.D. Pate Nucl. Phys. 69, 401, (1965)
- Ew-65 A. Ewart, C. Valentine u. M. Blann Nucl. Phys. 69, 625, (1965)
- Fu-63 S. Fukushima, S. Hayashi, S. Kume, H. Okamura, K. Otozai,
K. Sakamoto u. Y. Yoshizawa Nucl. Phys. 41, 275, (1963)
- Fu-65 S. Fukushima, S. Kume, H. Okamura, K. Otozai, K. Sakamoto u.
Y. Yoshizawa Nucl. Phys. 69, 273, (1965)
- Fu-66 M. Furukawa Nucl. Phys. 77, 565, (1966)
- Gi-63 L.J. Gilly, G.A. Henriët, M.P. Alves u. P.C. Capron
Phys. Rev. 131, 1727, (1963)
- Gi-64 L.J. Gilly, P. Henriët, P. Alves u. P.C. Capron Nucl. Phys. 55, 375 (1964)
- Gl-56 R.A. Glass, R.J. Carr, J.W. Cobble u. G.T. Seaborg Phys. Rev. 104, 434 (1956)

- Ha-61 R.L. Hahn u. J.M. Miller Phys. Rev. 124, 1879, (1961)
- Ha-62 L.F. Hansen, R.C. Jopson, H. Mark u. C.D. Swift
Nucl. Phys. 30, 389, (1962)
- Ha-65 R.L. Hahn Phys. Rev. 137B, 1491, (1965)
- Ho-63 S. Hontzeas u. L. Yaffe Can. J. Chem. 41, 2194, (1963)
- Iw-62 S. Iwata J. Phys. Soc. Japan 17, 1323, (1962)
- Ja-56 N. Jarmie u. J.D. Seagrave LA-2014 (1956)
- Jo-56 W. John Phys. Rev. 103, 704, (1956)
- Ke-49 E.L. Kelly u. E. Segré Phys. Rev. 75, 999. (1949)
- Ke-65 R.L. Kernell u. C.H. Johnson ORNL-3778 (1965)
- Kh-65 D.E. Khulelidze, V.L. Chikhladze, M.Z. Maksimov u. V.G. Onufriev
Sov. Phys. JETP 20, 259, (1965)
- Ko-66 K. Kotajima u. R.E. van de Vijver Nucl. Phys. 77, 337, (1966)
- Kr-66 N.N. Krasnov u. P.P. Dmitriev Energ. Atomique 20, 83, (1966)
- La-67 J. Lange KFK - 519 (1967)
- Le-66 R.M. Lessler, W.M. Gibson u. R.A. Glass Nucl. Phys. 81, 401, (1966)
- Li-59 B. Linder u. R.A. James Phys. Rev. 114, 322, (1959)
- Ma-65 J.H.E. Mattauch, W. Thiele u. A.H. Wapstra Nucl. Phys. 67, 1, (1965)
- Ma-66 C.G. Martin u. R.C. Pilger Nucl. Phys. 89, 481, (1966)
- Mi-51 J.A. Miskel u. A.C. Wahl Phys. Rev. 84, 700, (1951)
- Na-66 S.J. Nassiff, E. Quel, J. Testoni u. E. Sandoval
Nucl. Phys. 88, 344, (1966)
- Na-67 J.B. Natowitz u. R.L. Wolke Phys. Rev. 155, 1352, (1967)
- Ol-61 J. Olkowsky, M. le Pape u. I. Gratot Nucl. Phys. 23, 164, (1961)
- Ot-66/1 K. Otozai, S. Kume, A. Mito, H. Okamura, R. Tsujino, Y. Kanchiku,
T. Katoh u. H. Gotoh Nucl. Phys. 80, 335, (1966)
- Ot-66/2 K. Otozai, S. Kume, M. Koyama, T. Mitsuji, T. Nishi u. I. Fujiwara
Nucl. Phys. 81, 322, (1966)
- Ot-68 K. Otozai, S. Kuze, H. Okamura, A. Mito, T. Nishi u. I. Fujiwara
Nucl. Phys. A 107, 427, (1968)
- Pe-66 F.W. Pement u. R.L. Wolke Nucl. Phys. 86, 429, (1966)
- Po-59/1 N.T. Porile Phys. Rev. 115, 939, (1959)
- Po-59/2 N.T. Porile u. D.L. Morrison Phys. Rev. 116, 1193, (1959)
- Po-63 N.T. Porile, S. Tanaka, H. Amano, M. Furukawa, S. Iwata u. M. Yagi
Nucl. Phys. 43, 500, (1963)
- Ra-59 W.J. Ramler, J. Wing, D.J. Henderson u. J.R. Huizenga
Phys. Rev. 114, 154, (1959)
- Ra-63 C.L. Rao u. L. Yaffe Can. J. Chem. 41, 2516, (1963)

- Ri-64 C. Riley u. B. Linder Phys. Rev. 134B, 559, (1964)
- Sa-64 E. Sandoval u. E. Páez Phys. Rev. 136B, 415, (1964)
- Sa-66 G.B. Saha, N.T. Porile u. L. Yaffe Phys. Rev. 144, 962, (1966)
- Si-59 T. Sikkeland, S. Amiel u. S.G. Thompson J. Inorg. Nucl. Chem. 11, 263, (1959)
- Sm-61 D.B. Smith LA-2424 (1961)
- Sp-54 F.N. Spiess Phys. Rev. 94, 1292, (1954)
- St-64 P.H. Stelson u. F.K. McGowan Phys. Rev. 133B, 911, (1964)
- Ta-59 S. Tanaka u. M. Furukawa J. Phys. Soc. Japan 14, 1269, (1959)
- Te-49 G.M. Temmer Phys. Rev. 76, 424, (1949)
- Va-58 R. Vandenbosch, T.D. Thomas, S.E. Vandenbosch, R.A. Glass u. G.T. Seaborg
Phys. Rev. 111, 1358, (1958)
- Va-60 R. Vandenbosch u. J.R. Huizenga Phys. Rev. 120, 1313, (1960)
- Ve-67 E.V. Verdieck u. J.M. Miller Phys. Rev. 153, 1253, (1967)
- Vi-63 R.E. van de Vijver Physica 29, 1214, (1963)
- Vi-66 D. Vinciguerra u. K. Kotajima Nucl. Phys. 77, 347, (1966)
- Wi-59 J. Wing, W.J. Ramler, A.L. Harkness u. J.R. Huizenga
Phys. Rev. 114, 163, (1959)
- Wi-62 J. Wing u. J.R. Huizenga Phys. Rev. 128, 280, (1962)
- Wi-63 D.C. Williams, J.W. Irvine Phys. Rev. 130, 265, (1963)
- Wi-66 C.F. Williamson, J.P. Boujot u. J. Picard CEA-R 3042 (1966)
- Wo-65 R.L. Wolke TID-21525 (1965)
- Wo-66 R.L. Wolke NYO-2771-13 (1966)

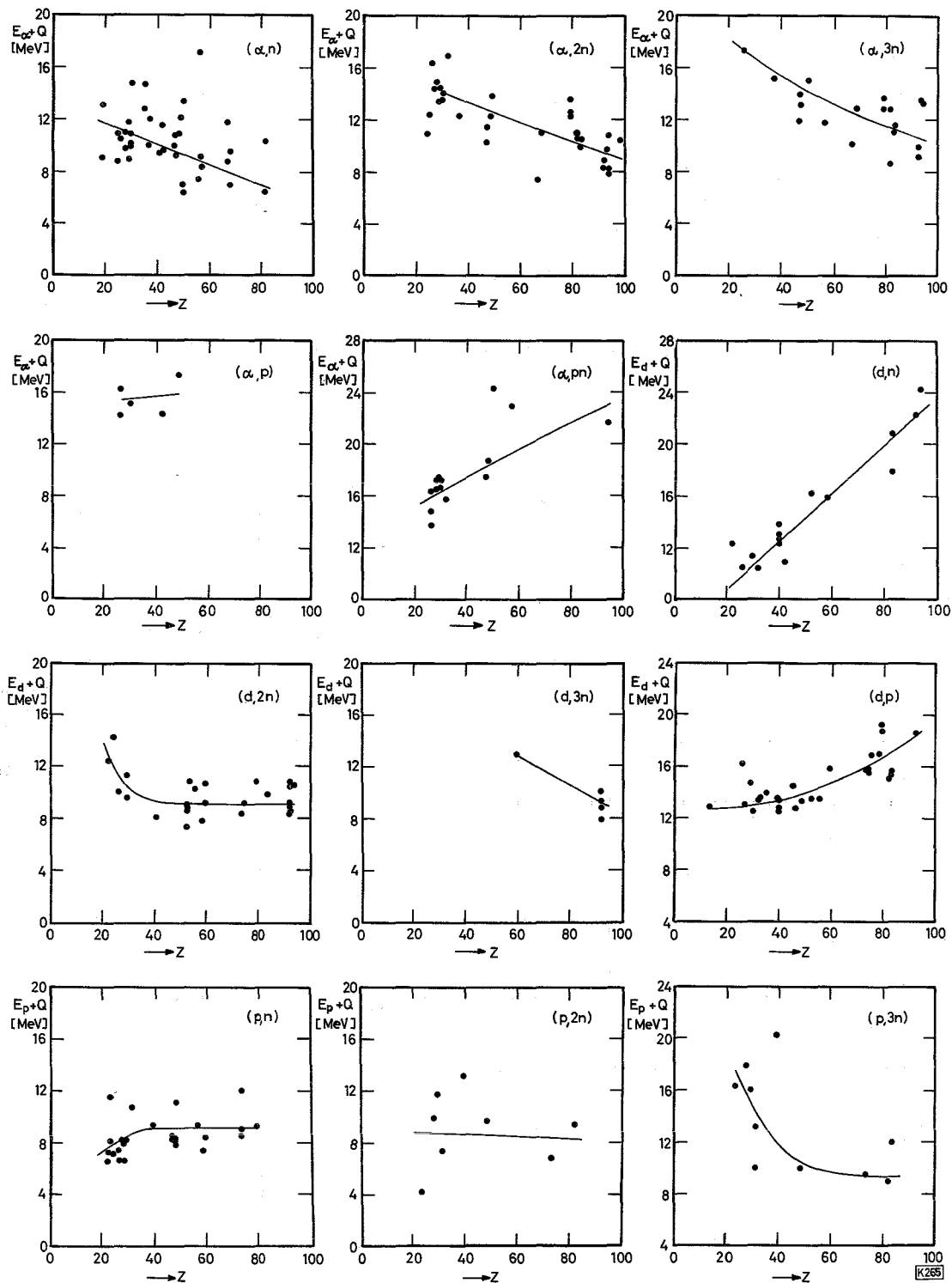


Abb. 2 Lagen der Maxima von Anregungsfunktionen in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z des Targetkernes

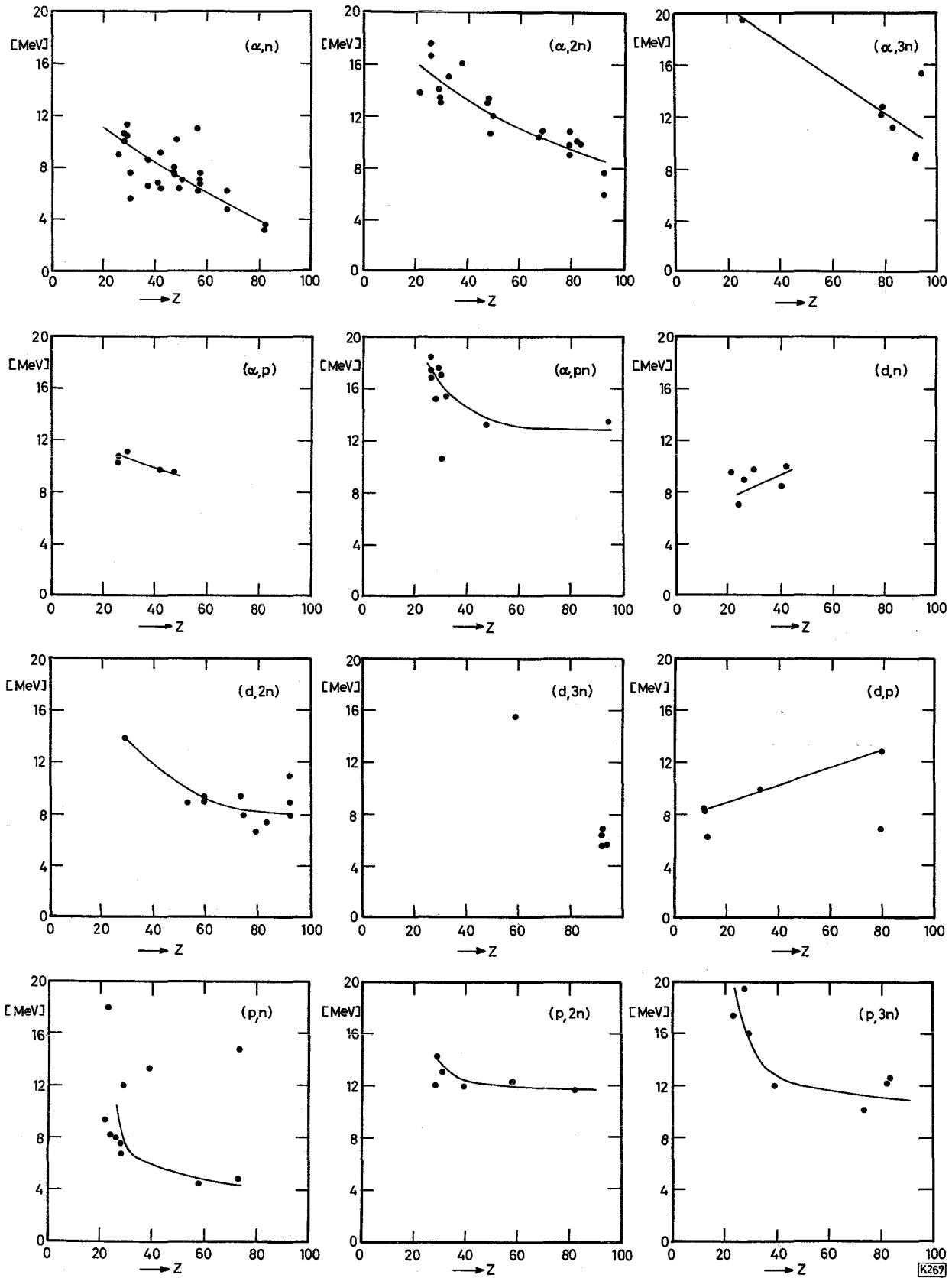


Abb. 3 Halbwertsbreiten von Anregungsfunktionen in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z des Targetkernes

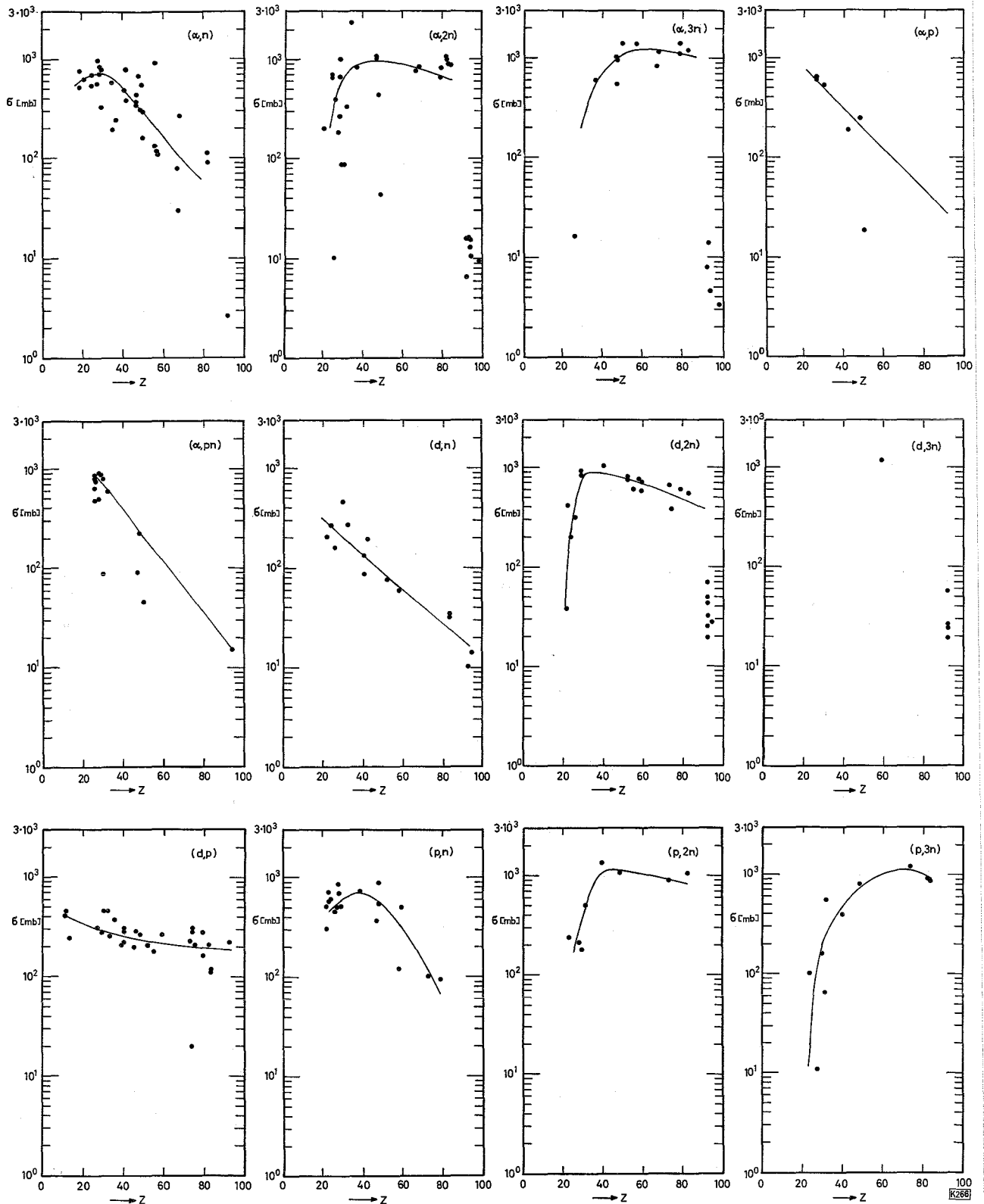


Abb. 4 Höhen der Maxima von Anregungsfunktionen in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z des Targetkernes

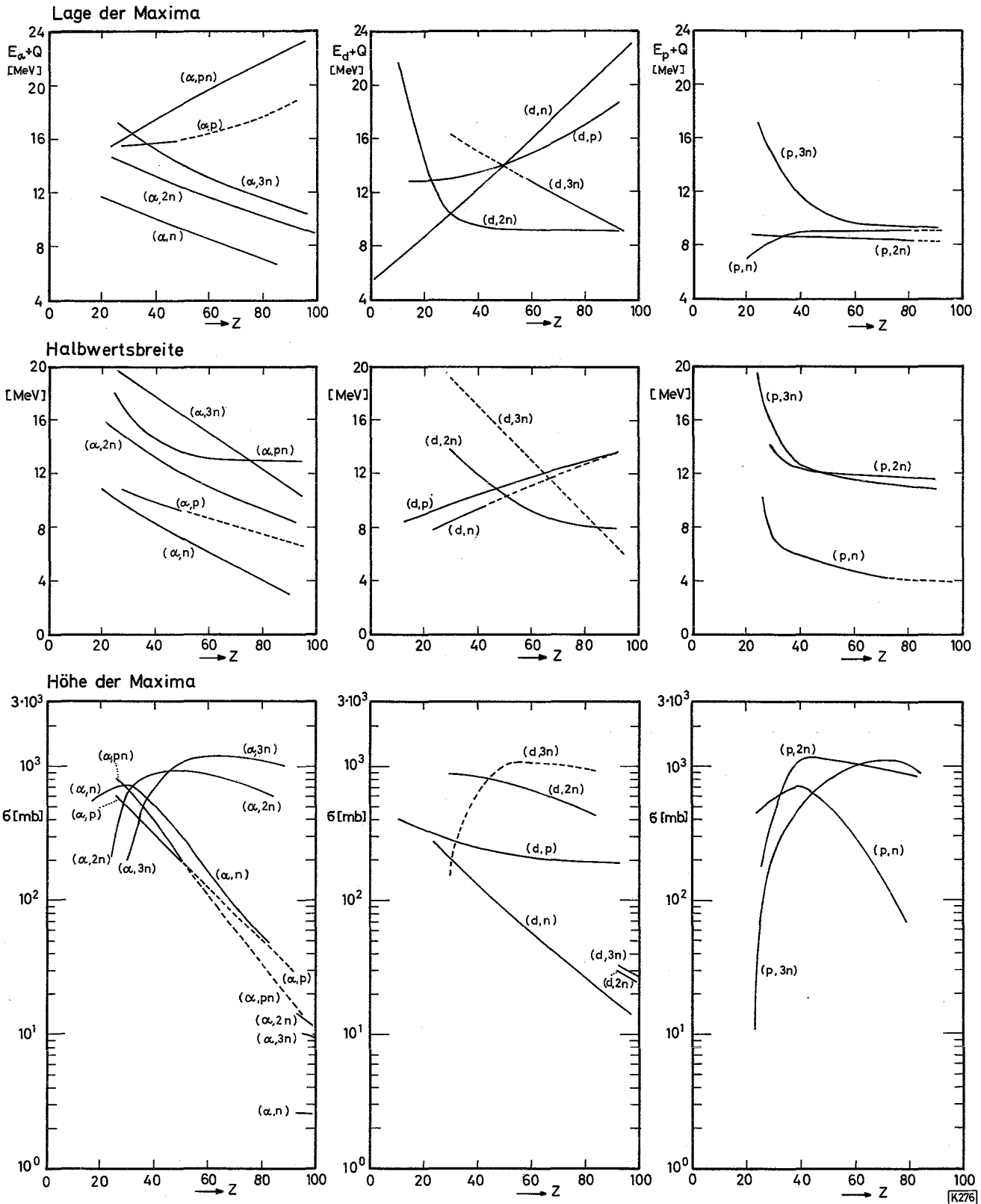


Abb. 5 Charakteristische Daten von Anregungsfunktionen in Abhängigkeit von der Ordnungszahl Z des Targetkernes

— Verlauf gemäß Abb. 2 - 4

----- geschätzter Verlauf

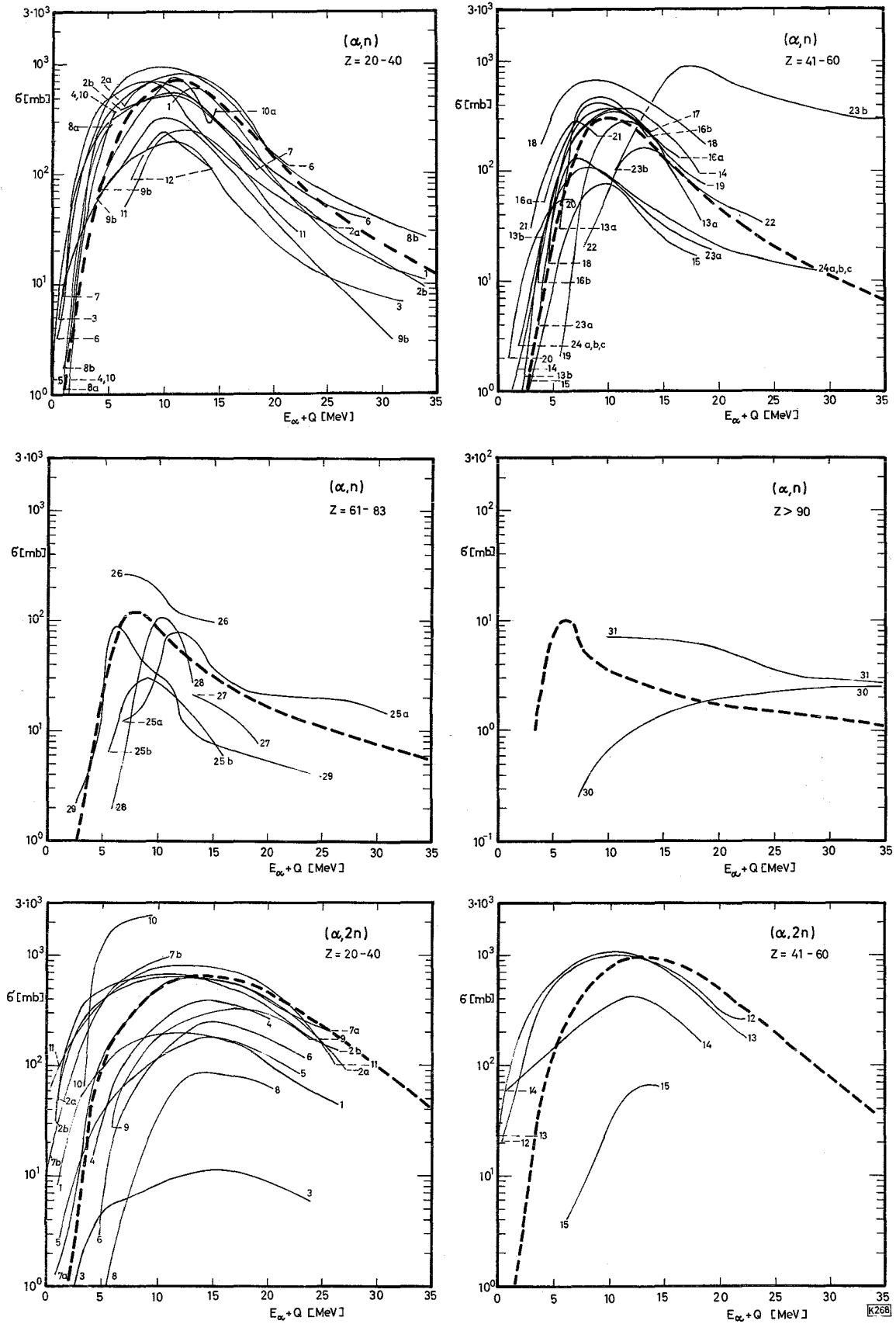


Abb. 6/1 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 — experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - konstruierte Anregungsfunktion

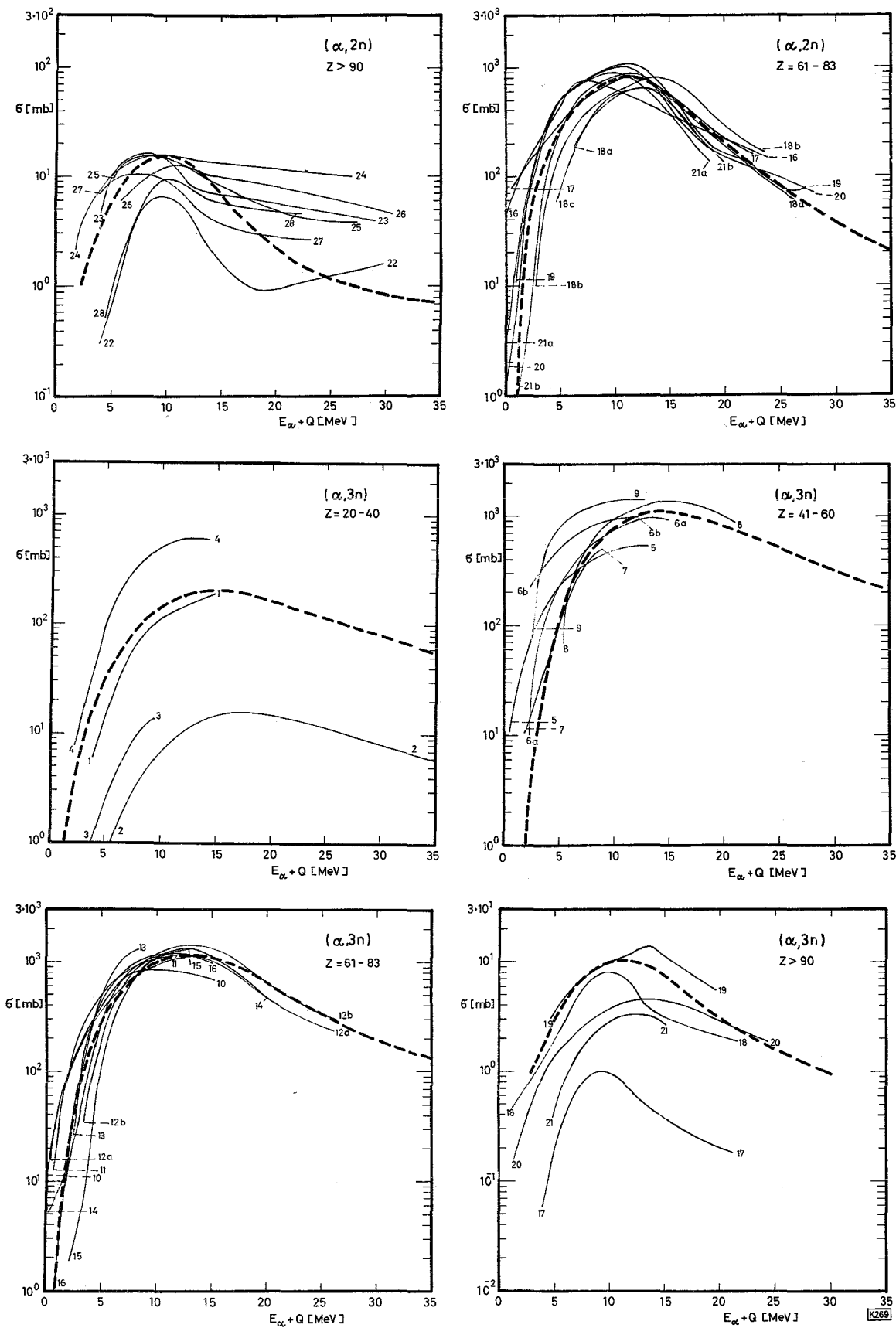


Abb. 6/2 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 ————— experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - - - konstruierte Anregungsfunktion

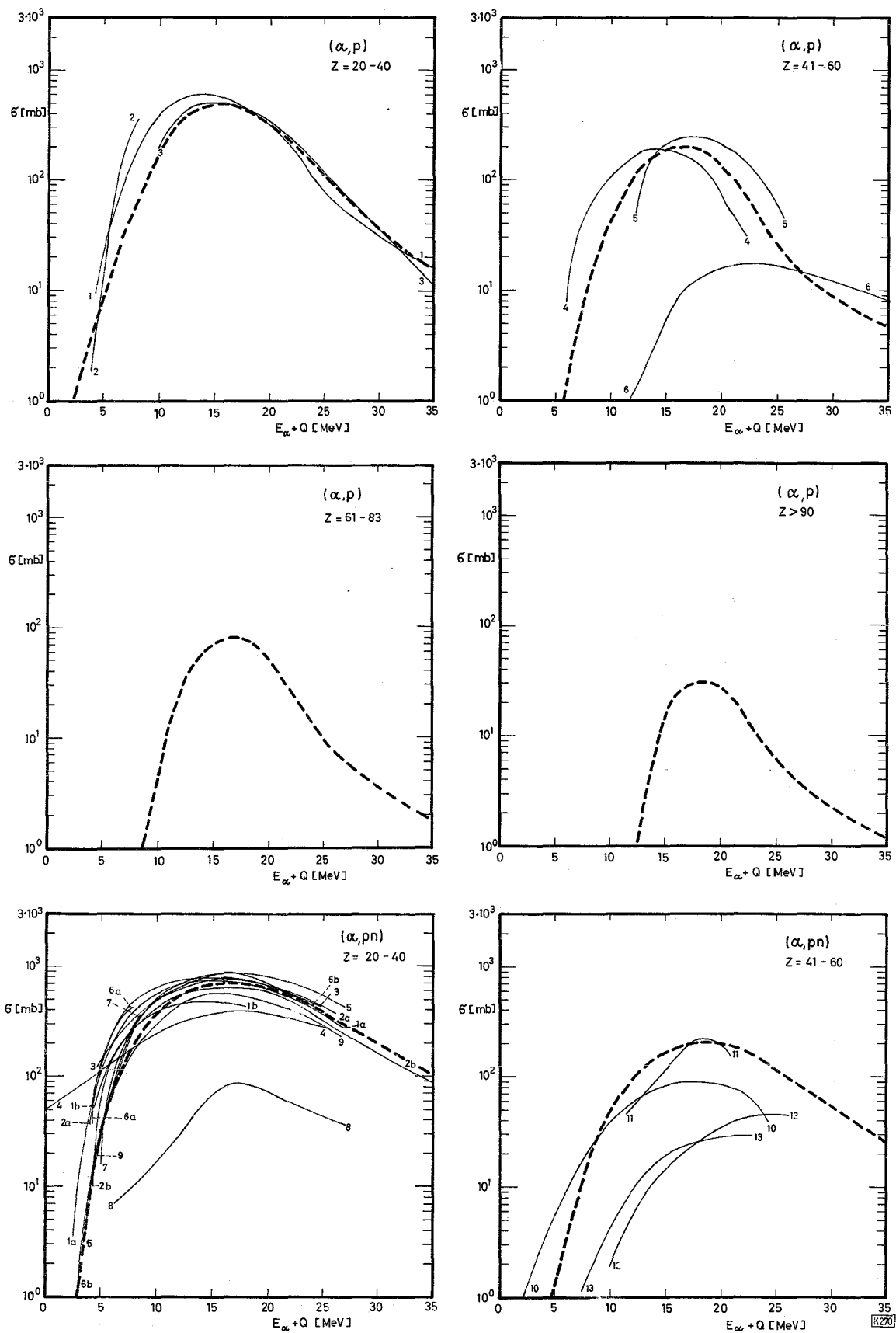


Abb. 6/3 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 — experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - konstruierte Anregungsfunktion

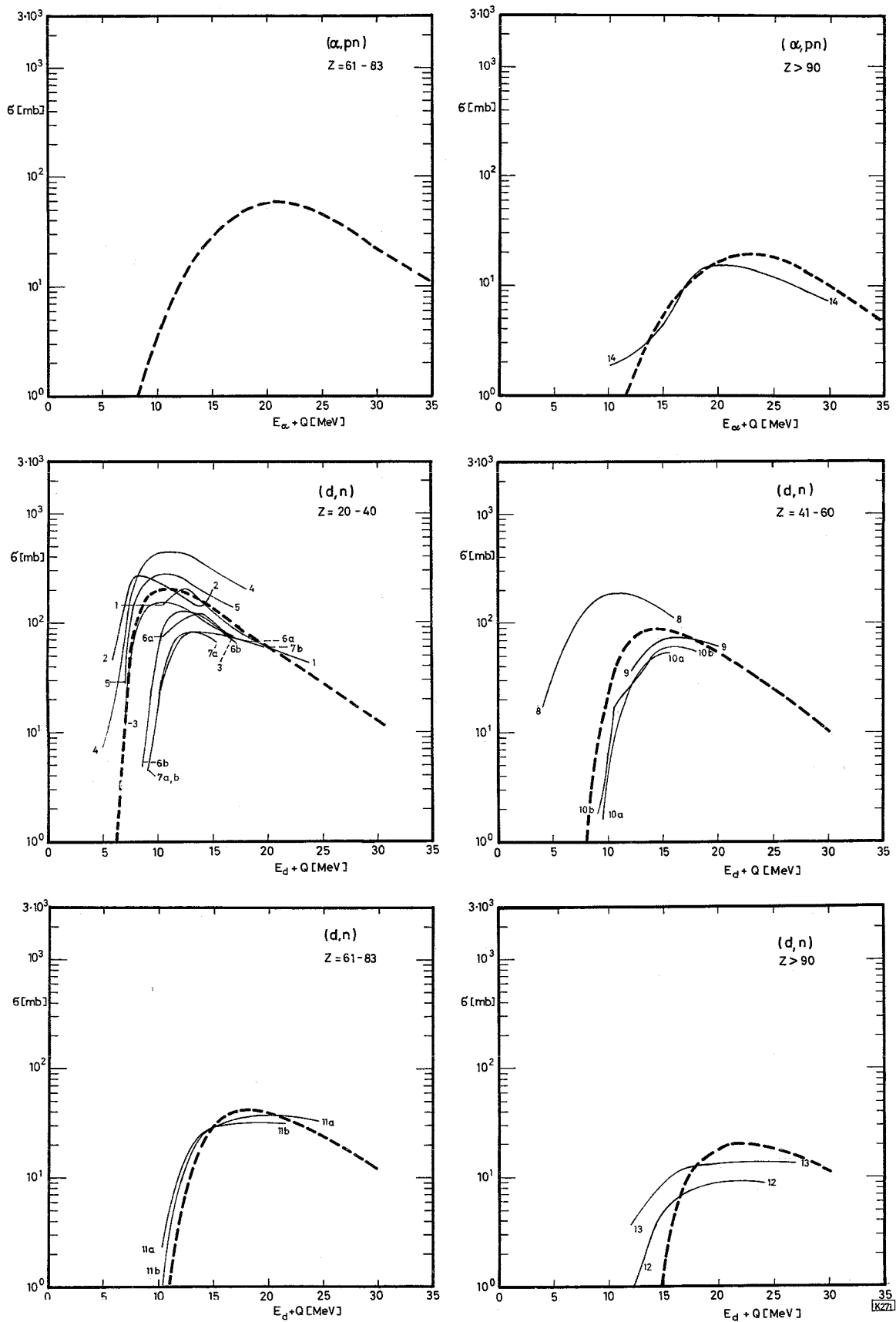


Abb. 6/4 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 — experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - konstruierte Anregungsfunktion

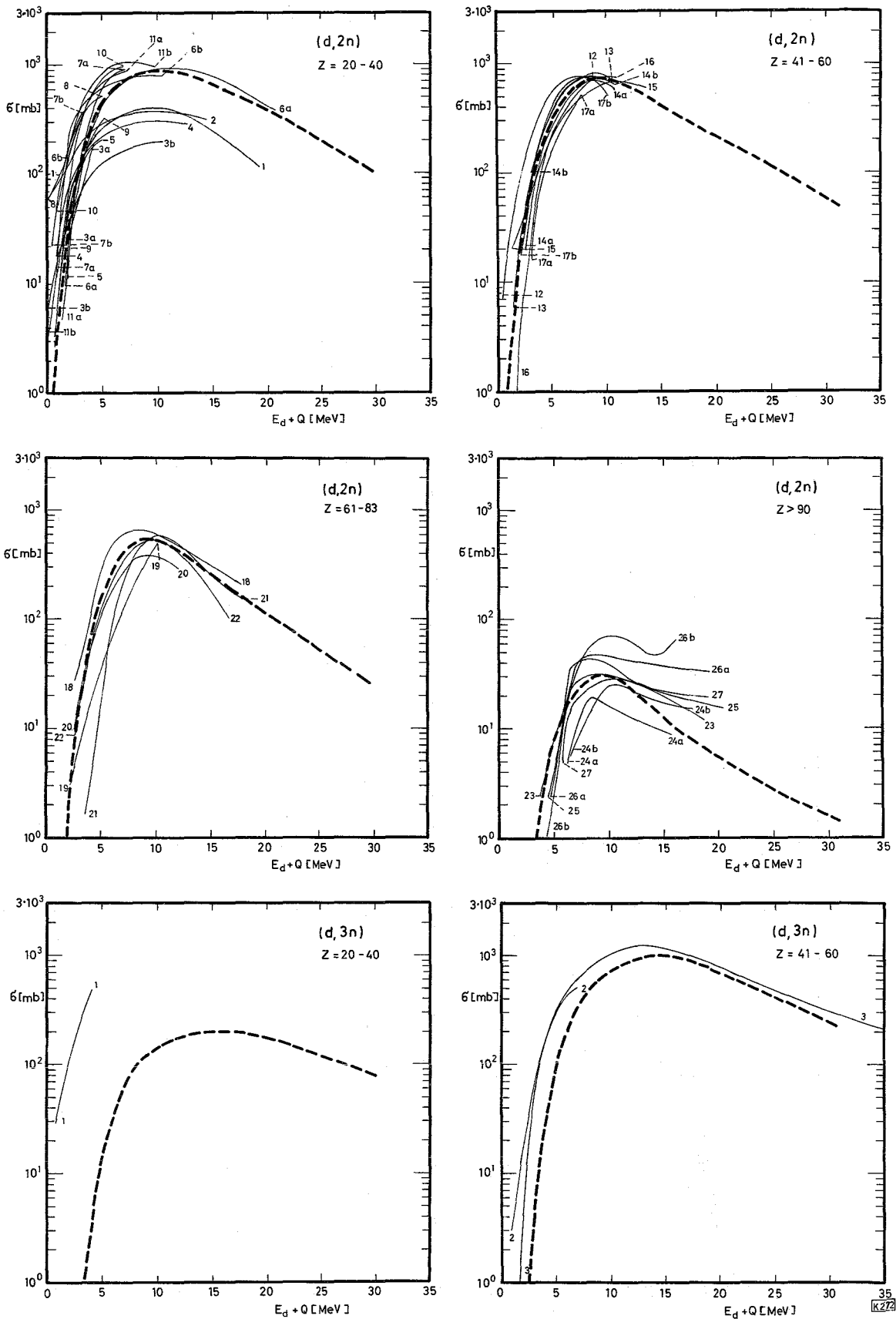


Abb. 6/5 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 — experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - konstruierte Anregungsfunktion

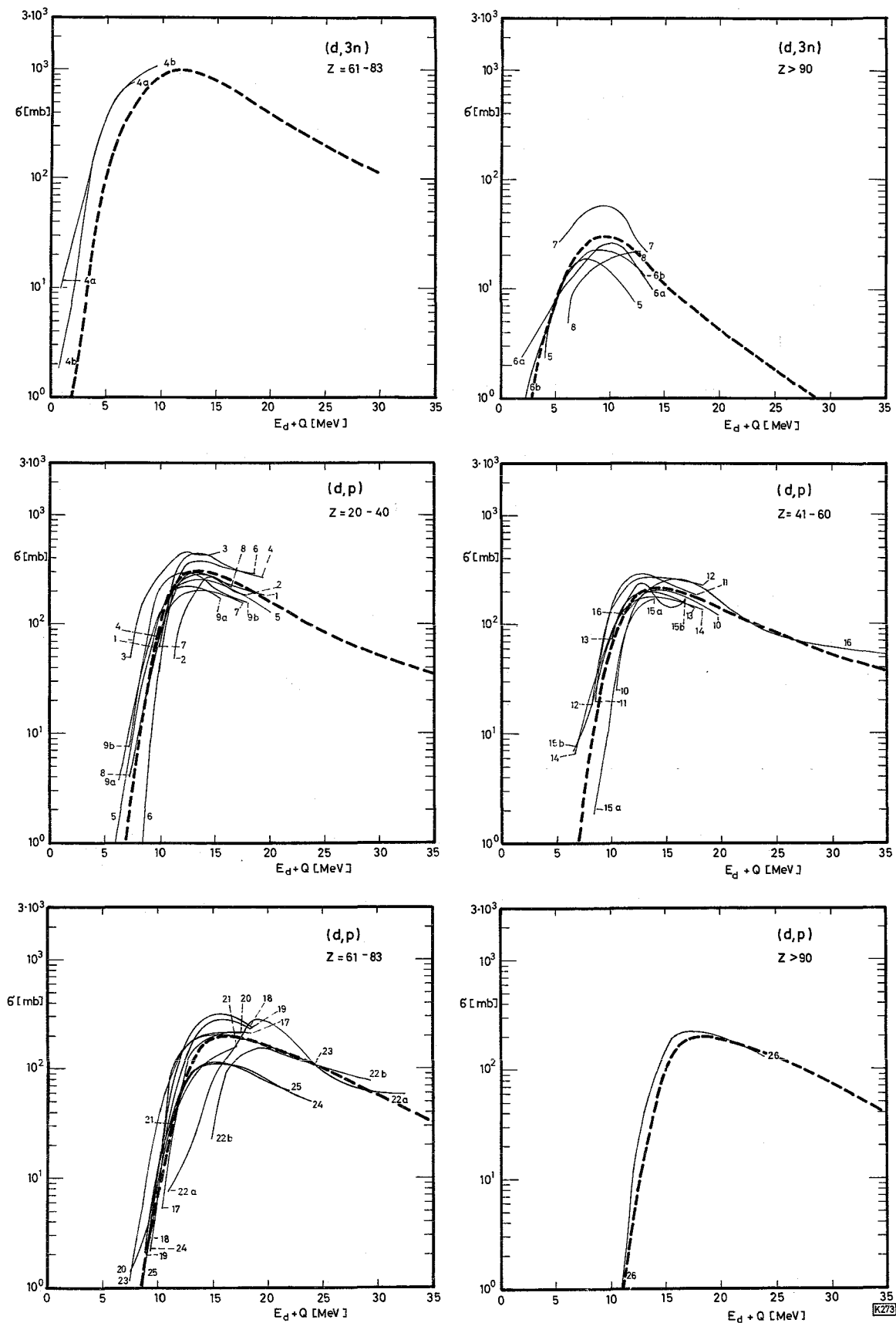


Abb. 6/6 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 ————— experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - - - konstruierte Anregungsfunktion

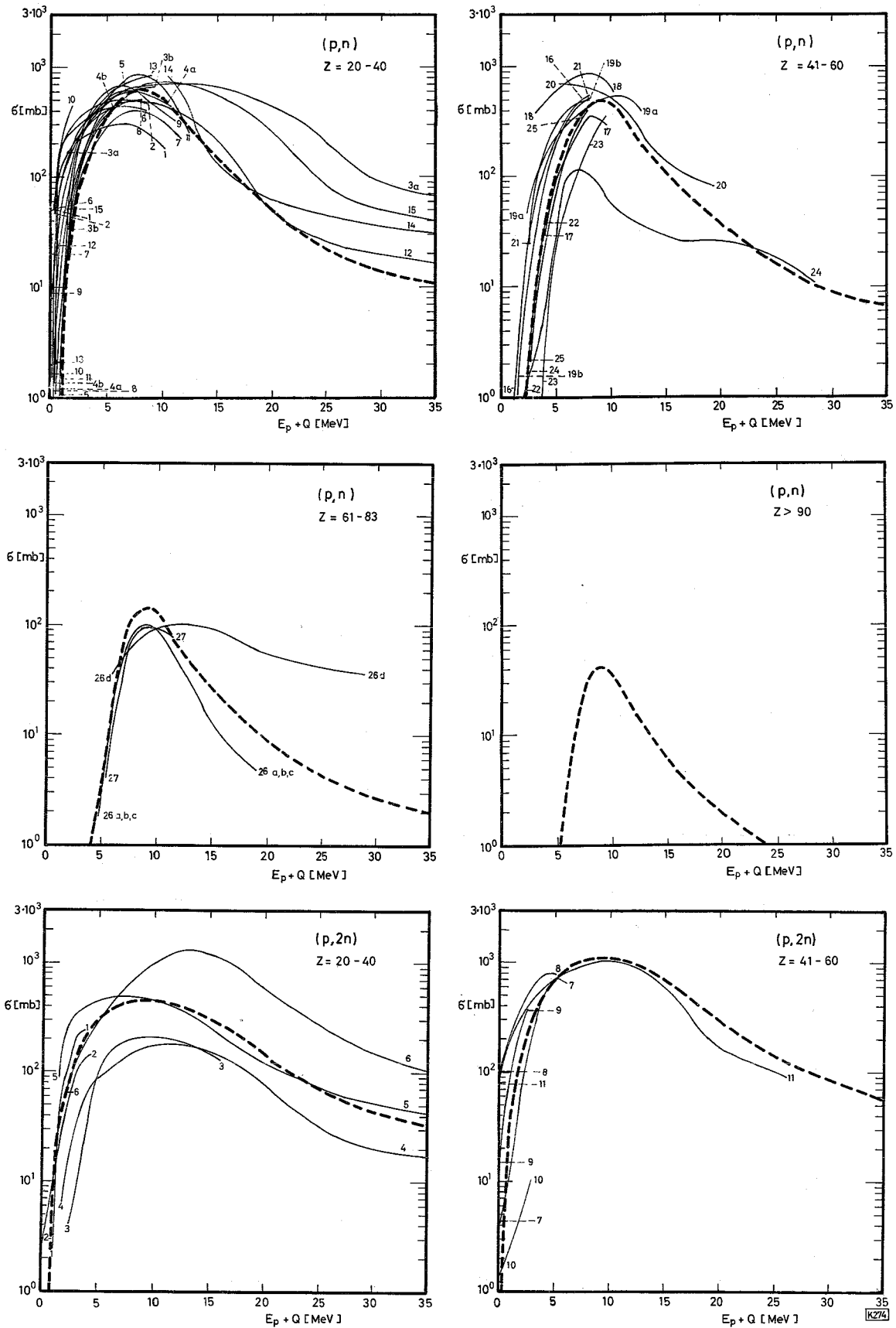


Abb. 6/7 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 ————— experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - - - konstruierte Anregungsfunktion

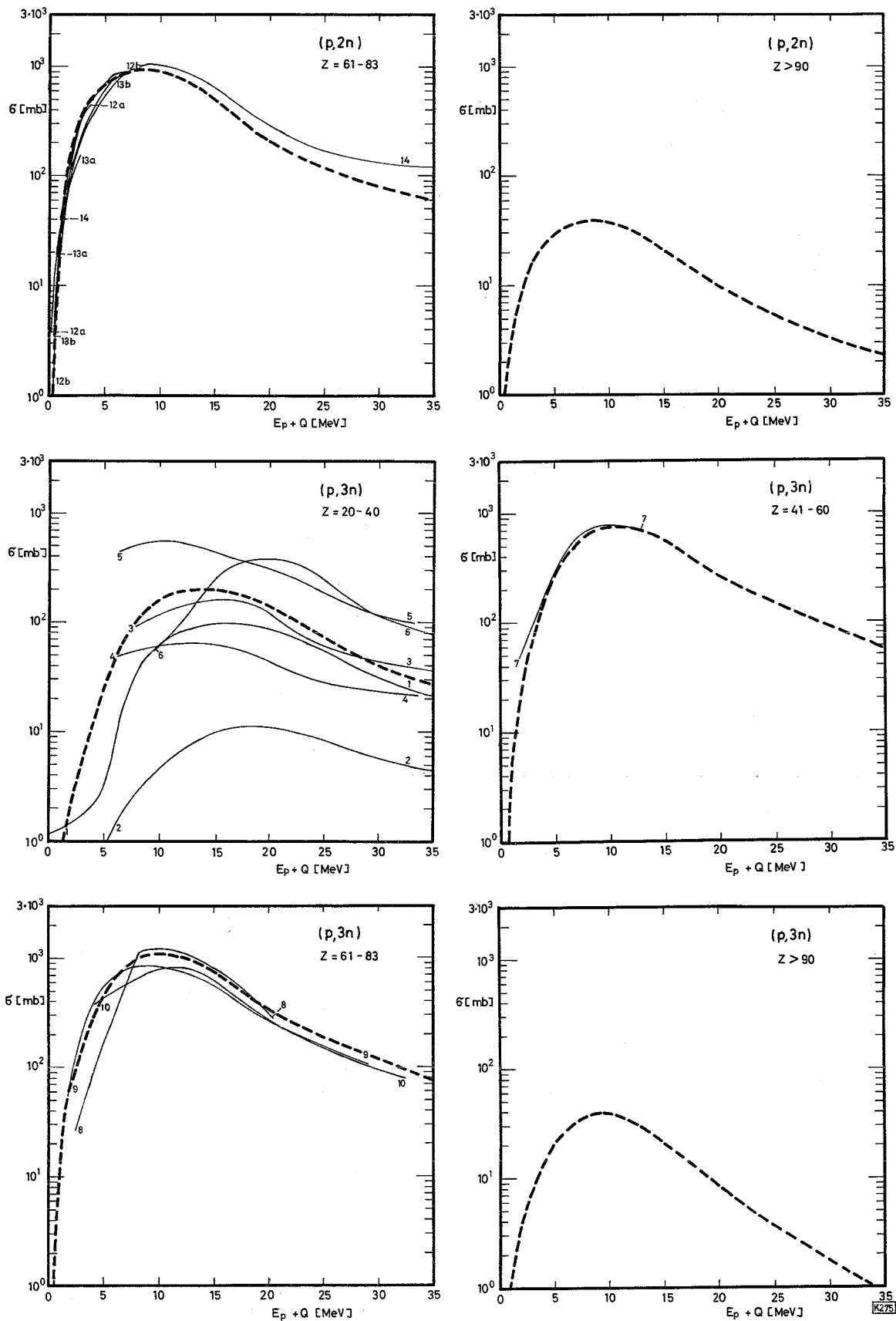


Abb. 6/8 Konstruierte und experimentelle Anregungsfunktionen
 — experimentelle Anregungsfunktion (die Zahlen entsprechen der Numerierung in der Tabelle)
 - - - konstruierte Anregungsfunktion

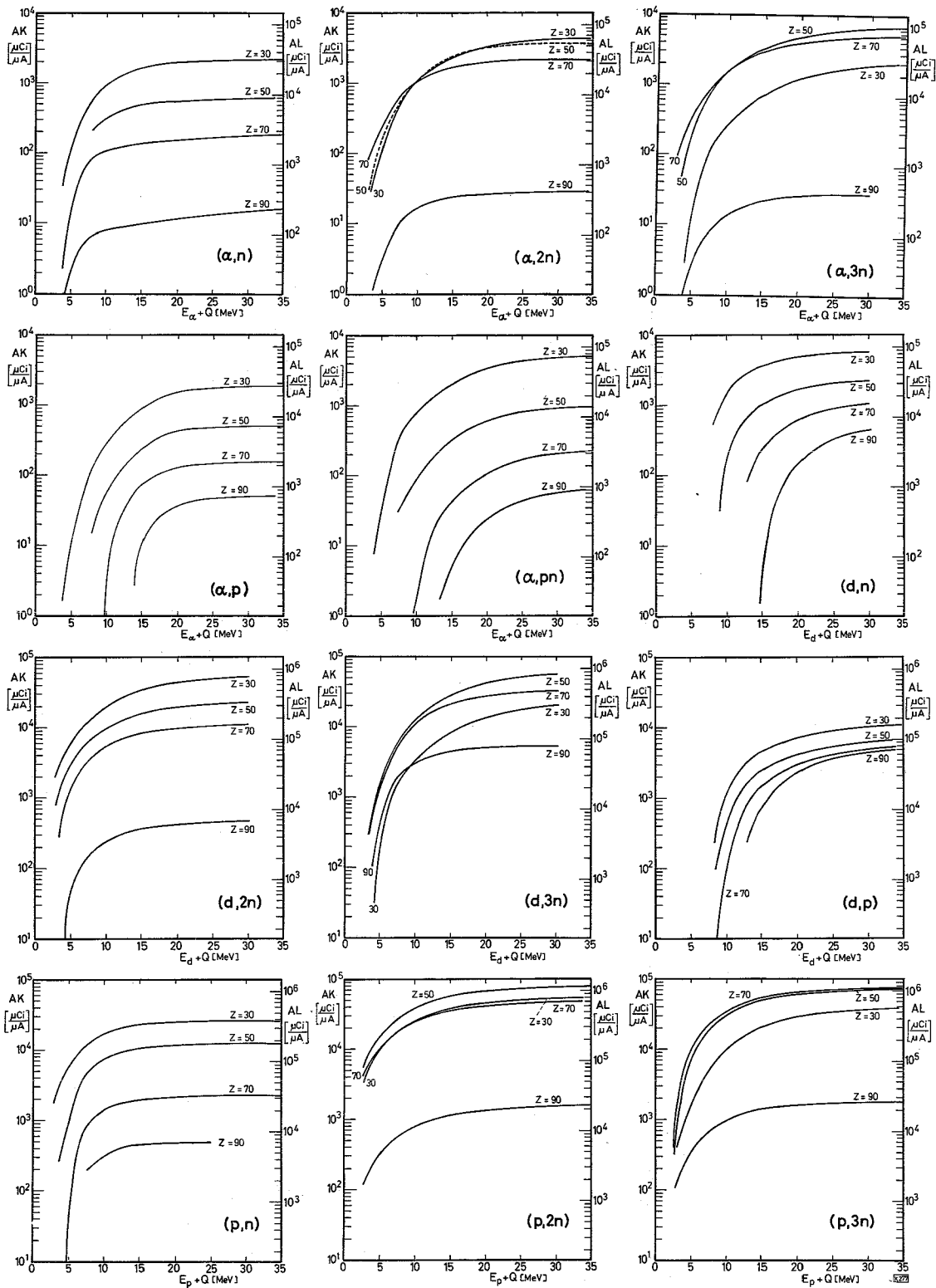


Abb. 7 Ausbeuten für die Bestrahlung dicker Targets
 AK = Ausbeuten für kurze Bestrahlungszeiten ($t = 0,1 T$),
 berechnet nach Gl. 3
 AL = Ausbeuten für lange Bestrahlungszeiten ($t \gg T$),
 berechnet nach Gl. 5

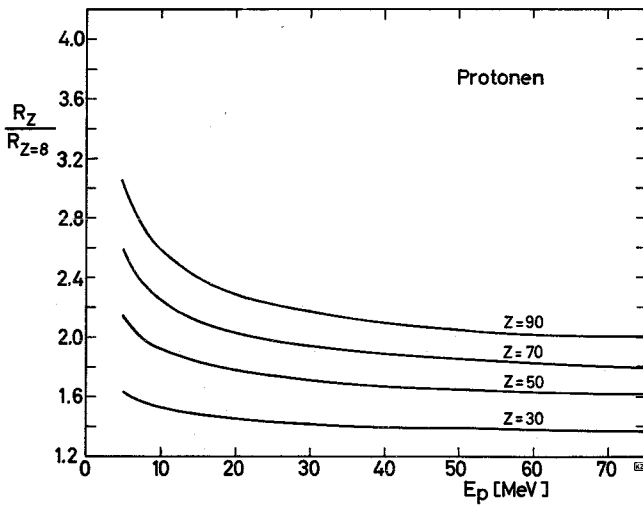
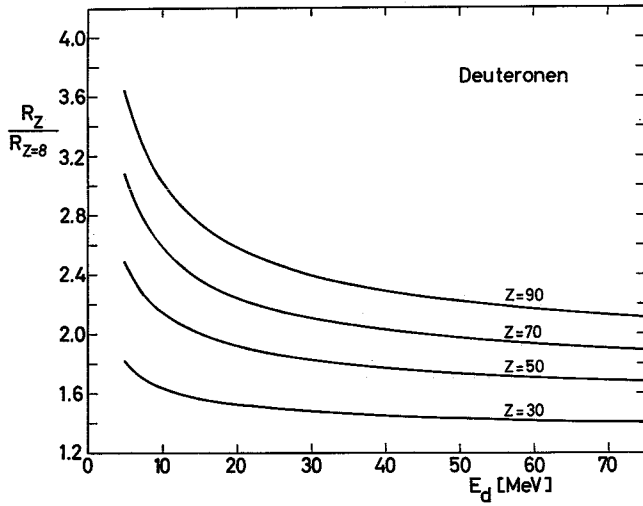
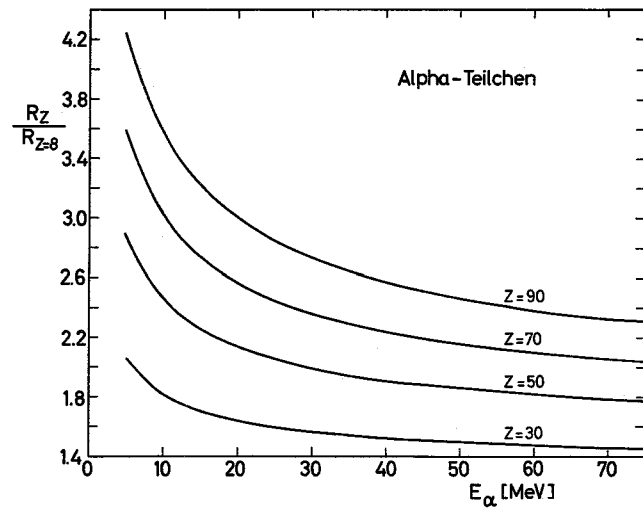


Abb. 8 Auf Sauerstoff bezogene Reichweiten (berechnet nach Werten von Williamson et al. (W1-66))