3. Auswertung und Ergebnisse

3.1 Herleitung einer theoretischen Funktion zur Anpassung an die Meßwerte

Der Verlauf der experimentellen Zerfallskurve eines Zustands i ist durch dessen Lebensdauer τ_i bedingt. Wird der Zustand i nicht von anderen Zuständen h bevölkert, so ist eine theoretische Funktion der in Gl. 2.3 gezeigten Form an seine exp. Zerfallskurve anzupassen.

Wird hingegen ein Zustand i mittels einer Schwerionenreaktion bevölkert, wie dies in der vorliegenden Arbeit der Fall war, so ist der Verlauf seiner exp. Zerfallskurve nicht gemäß Gl. 2.3 theoretisch zu beschreiben. Da nämlich bei einer solchen Reaktion die produzierten Endkerne hauptsächlich über viele γ-Kaskaden in ihren Grundzustand übergehen, wird ein Zustand innerhalb einer γ-Kaskade ständig mit Kernen 'gefüttert', die aus einer Anzahl von energetisch höher liegenden Niveaus h stammen. Der zeitliche Verlauf einer solchen 'Fütterung' (*Feeding*) hängt von den entsprechenden mittleren Lebensdauern τ_h der bevölkernden Zustände h ab, die im weiteren auch als *Feeder* bezeichnet werden.

Um die experimentelle Zerfallskurve eines Zustands i innerhalb einer γ-Kaskade reproduzieren zu können, wird zunächst eine mit $n_i(t_k)$ bezeichnete Anzahl von angeregten Kernen betrachtet, die sich zu einem bestimmten Zeitpunkt t_k im Zustand i befinden. Diese Anzahl ist aus der Lösung des folgenden Differentialgleichungsystems 3.1 zu bestimmen.

$$\frac{dn_i(t)}{dt} = \sum_h \frac{b_{hi}}{\tau_h} \cdot n_h(t) - \frac{1}{\tau_i} \cdot n_i(t) \tag{3.1}$$

- $n_h(t)$ ist die Anzahl der Kerne, die sich zur Zeit t im Zustand h befinden
- τ_h ist die mittlere Lebensdauer des Feeders h
- τ_i ist die mittlere Lebensdauer des untersuchten Zustands i, und

- b_{hi} ist das sog. Verzweigungsverhältnis vom bevölkernden Zustand h zum bevölkerten Zustand i.

Wenn im folgenden die allgemeine Notation X_{lm} benutzt wird, so bedeuten die Indizes lm einen γ-Übergang vom Zustand l zum Zustand m und die Größe X_{lm} bezieht sich auf diesen Übergang. Der Übergang selbst wird im folgenden durch die Notation $l \rightarrow m$ bezeichnet.

Werden nun die oben erwähnte $n_i(t_k)$ Kerne dazu gezwungen, im Stopper zu zerfallen, indem ein Target-Stopper-Abstand d gemäß Gl. 2.5 auf die Flugzeit t_k eingestellt wird, so erhält man im Stoppeak des entvölkernden γ-Übergangs $i \rightarrow j$ eine Intensität $I_{ij}^u(d_k)$, die zum Integral der obigen Gl. 3.1 proportional ist, d.h.:

$$I_{ij}^u(t_k = \frac{d_k}{v}) = \int_{t_k}^{\infty} Q_{ij} \left(\sum_h \frac{b_{hi}}{\tau_h} \cdot n_h(t) - \frac{1}{\tau_i} \cdot n_i(t) \right) dt \tag{3.2}$$

Der Proportionalitätsfaktor Q_{ij} ist gegeben durch

$$Q_{ij} = \frac{\Delta\Omega}{4\pi} \cdot W_{ij}(\vartheta, t) \cdot \varepsilon_{ij} \tag{3.3}$$

- $\Delta\Omega$ ist der vom verwendeten Ge-Detektor abgedeckte Raumwinkel, der normalerweise zeitunabhängig ist (der verwendete Stopper bleibt während einer typischen $RDDS$-Messung auf einer festen Position).
- ε_{ij} ist die relative Ansprechwahrscheinlichkeit (*engl.* Efficiency) des Detektors bei der Energie des betrachteten γ-Übergangs $i \rightarrow j$, und
- $W_{ij}(\vartheta, t)$ ist die Winkelverteilung dieses Übergangs, die wegen Deorientierungseffekten zeitabhängig sein kann (dazu siehe z.B [Gri87]).

Geht man davon aus, daß die Winkelverteilung des betrachteten γ-Übergangs sich mit der Zeit nicht ändert, so erhält man für das obige Integral 3.2 folgendes Resultat:

$$I_{ij}^u(t_k = \frac{d_k}{v}) = Q_{ij} \cdot S_{ij}^u(t_k = \frac{d_k}{v}) \tag{3.4}$$

wobei Q_{ij} jetzt zeitlich konstant sein soll. $S_{ij}^u(t_k = \frac{d_k}{v})$ ist gegeben durch :

$$S_{ij}^u(t_k = \frac{d_k}{v}) = n_i(t = 0) \cdot e^{-t/\tau_i} + \sum_h B_{hi} \left[\frac{\tau_h}{\tau_i} \cdot e^{-t/\tau_h} - e^{-t/\tau_i} \right] \tag{3.5}$$

mit der rekursiven Beziehung:

$$B_{lm} = \frac{\tau_m}{\tau_m - \tau_l} \left(b_{lm} \cdot n_l(t=0) - \sum_{k>l} B_{kl} \cdot b_{lm} + \sum_{k=m+1}^{l-1} B_{lk} \cdot b_{kl} \cdot \frac{\tau_l}{\tau_k} \right) \quad (3.6)$$

Die Fit-Funktion

Die obigen Gleichungen 3.4, 3.5 und 3.6 geben den Verlauf der experimentellen Zerfallskurve eines Zustands innerhalb einer γ-Kaskade wieder und definieren zugleich die theoretische Funktion, die an sie anzupassen ist, um die gewünschte Lebensdauer τ_i zu bestimmen.

Dies wurde in der vorliegenden Arbeit mittels des Programms FITRDDS [Sch82] ermöglicht. Dabei wurde eine willkürliche Nummerierung eingeführt, nach der das auszuwertende Niveau i mit der Zahl 1 gekennzeichnet wurde, wohingegen den es bevölkernden Zustände h eine Zahl zwischen 2 und 15 zugeordnet wurde. Es konnten also bis maximal 14 bevölkernde Zustände berücksichtigt werden. Die theoretische Funktion, die an die exp. Zerfallskurve des auszuwertenden Zustands angepaßt wurde, lautet:

$$R(d = v \cdot t) = P_1 \cdot e^{-d/D_1} + \sum_{h=2}^{15} M_{h1} \left(\frac{D_h}{D_1} \cdot e^{-d/D_h} - e^{-d/D_1} \right) + C_0 \quad (3.7)$$

mit:

- d : der absolute Abstand zwischen Target und Stopper (siehe dazu Abschnitt 2.2.4)
- P_1 : die direkte Bevölkerung aus der Reaktion des betrachteten Niveaus; $P_1 = n_i(t=0)$ (vgl. Gl. 3.5)
- D_1 : die zu bestimmende mittlere Zerfallslänge des auszuwertenden Zustands; $D_1 = v \cdot \tau_1$, wobei τ_1 die gesuchte mittlere Lebensdauer ist.
- C_0 : ein zu bestimmender abstandsunabhängiger Untergrund, den experimentelle Zerfallskurven oft aufweisen. Er ist meistens auf sehr langlebige Feeder und seltener auf das Target-Material, das während der Messung auf die Stopper-Folie gekommen ist, (z.B. durch Verdampfen oder durch mechanischen Kontakt) zurückzuführen.

- D_h : zur Anpassung einer $R(d)$-Funktion angenommene und dabei auf einen vorher unabhängig bestimmten Wert festgehaltene Zerfallslänge des jeweiligen Feeders h.

Betrachtet man nun die Form der $R(d)$-Funktion, so ist zu erkennen, daß sie aus der Superposition mehrerer exponentieller Funktionen der Form:

$$e^{-t/\tau_n} \qquad n \in \{1, 2, 3, \ldots\}$$

besteht. Wenn insgesamt N verschiedene Zeitkonstanten τ_n bzw. N verschiedene Zerfallslängen D_n benötigt werden, um den Verlauf einer experimentellen Zerfallskurve reproduzieren zu können, so spricht man von einer $R(d)$-Funktion mit N Komponenten. Im folgenden wird die Anpassung einer $R(d)$-Funktion mit N-Komponenten als N-Komponenten-*Fit* bezeichnet, der seinerseits als N-K-Fit abgekürzt wird.

Die verschiedenen Summanden der oben angegebenen $R(d)$-Funktion lassen sich nun folgendermaßen interpretieren:

- Der Summand

  $$P_1 \cdot e^{-d/D_1}$$

  beschreibt den Zerfall der *direkten* Bevölkerung des betrachteten Zustands, d.h. den Zerfall jener Kerne, die nicht über verschiedene γ-Kaskaden diesen Zustand bevölkert haben, sondern sich direkt nach der Reaktion sich im betrachteten Zustand befanden.

- Der Summand

  $$\sum_h M_{h1} \left(\frac{D_h}{D_1} \cdot e^{-d/D_h} - e^{-d/D_1} \right)$$

  beschreibt hingegen den Zerfall solcher Kerne, die nach ihrer Erzeugung verzögert, d.h. über γ-Kaskade das betrachtete Niveau bevölkern.

Bezeichnet man die Population des auszuwerteten Zustands für $d = 0$ d.h. nach einer Flugzeit $t = 0$ mit I, so daß

$$R(d = 0) \;=\; I + C_o \tag{3.8}$$

dann gilt wegen Gl. 3.7

$$I \;=\; P_1 \;+ \sum_h M_{h1} \left(\frac{D_h - D_1}{D_1} \right) \tag{3.9}$$

Der Term

$$M_{h1}\left(\frac{D_h - D_1}{D_1}\right)$$

gibt daher den Anteil der über den Zustand h „fließenden" verzögerten Bevölkerung der Anfangspopulation I an. Der Parameter M_{h1} wurde vom Programm FITRDDS nach der folgenden rekursiven Beziehung 3.10 berechnet:

$$M_{lm} = \frac{D_m}{D_l - D_m}\left(b_{lm} \cdot P_l - \sum_{k>l}^{L} M_{kl} \cdot b_{lm} + \sum_{k=m+1}^{l-1} M_{lk} \cdot b_{kl} \cdot \frac{D_l}{D_k}\right) \quad (3.10)$$

wobei:

P_l : die direkte Bevölkerung des Zustands l aus der Compound-Kern-Reaktion; $P_l = n_l(t = 0)$ (vgl. Gl. 3.5)

L : die Anzahl der Feeder, die bei der Anpassung der $R(d)$-Funktion berücksichtigt wurden.

Die Bevölkerung eines Zustands m von einem Niveau l kann prinzipiell über nur einen γ-Übergang oder über mehrere sukzessive γ-Übergänge erfolgen. Zwischen diesen beiden Möglichkeiten wird in der Gl. 3.10 folgendermaßen unterschieden:

- Der Summand

  $$b_{lm} \cdot P_l$$

  beschreibt den Anteil des Feedings, das über nur einen γ-Übergang vom Zustand l zum betrachteten Zustand m läuft.

- Der Summand

  $$\sum_{k=m+1}^{l-1} M_{lk} \cdot b_{kl} \cdot \frac{D_l}{D_k}$$

  hingegen entspricht der Bevölkerung, die über mehrere sukzessive γ-Übergänge vom Zustand l zum Niveau m ankommt.

- Der Summand

  $$\sum_{k>l} M_{kl} \cdot b_{lm}$$

  schließlich gibt das Feeding des Niveaus l von höher liegenden Zuständen $(k > l)$ an. Dieses Feeding wird subtrahiert, da hier nur die direkte Bevölkerung P_l des Zustands l berücksichtigt werden muß.

Freie und feste Fit-Parameter

In der vorliegenden Arbeit hatte man es beim Fit der Daten generell mit drei freien Parametern zu tun, nämlich:

- dem „Untergrund" C_0 der jeweiligen exp. Zerfallskurve,
- der „untergrundbereinigten" Anfangspopulation I des betrachteten Zustands, und
- der zu bestimmenden mittleren Zerfallslänge D_1.

Die Parameter D_h hingegen, die i.a. durch einen 1-K-Fit an die exp. Zerfallskurve des entsprechenden Zustands h ermittelt wurden, waren fest. Wenn im weiteren *effektive* Zerfallslängen bzw. Lebensdauern erwähnt werden, so sind Zerfallslängen bzw. Lebensdauern, die durch einen 1-K-Fit ermittelt wurden, gemeint.

Die Parameter P_1 und P_h wurden vom Programm FITRDDS gemäß den folgenden Gleichungen berechnet:

$$P_1 = (1 - \sum_h P_h) \cdot I \tag{3.11}$$

und

$$P_h = I \cdot F_h \tag{3.12}$$

wobei

F_h die Intensität des γ-Übergangs $h \rightarrow 1$ relativ zur Summe der Intensitäten aller γ-Übergänge, die vom betrachteten Zustand abgehen, bezeichnet.

Zur Bestimmung von F_h wurde am Ende jeder einzelnen *RDDS*-Messung eine sog. Intensitätsmessung durchgeführt. Über die Intensitätsmessungen an ^{120}Xe, ^{128}Ba und ^{130}Ce wurde in [Loe84] bzw. [Sto85] bzw. [Wrz89] berichtet. Die Ergebnisse der Intensitätsmessung an ^{130}Ba sind im Anhang zu finden.

Korrekturen

Bevor im weiteren auf die einzelnen Auswertungen der *RDDS*-Messungen dieser Arbeit ausführlich eingegangen wird, muß erwähnt werden, daß die Anpassung der oben angegebenen $R(d)$-Funktion an die Daten voraussetzt, daß

- Raumwinkeleffekte oder
- Deorientierungseffekte

die auszuwertenden exp. Zerfallskurven nicht verfälschen. Wenn diese Effekte sich bemerkbar machen, dann ist entwender die Form dieser $R(d)$ - Funktion zu modifizieren oder die exp. Zerfallskurve entsprechend zu korrigieren.

Verfahren zur Korrektur der Daten, die von Raumwinkeleffekten verfälscht werden, sind u.a. in [Jon69, Uhr73, Fos74, Stu76] vorgeschlagen worden. Da die Position des Stoppers bei allen *RDDS*-Messungen dieser Arbeit feststand, spielten Raumwinkeleffekte keine Rolle bei der Auswertung der exp. Zerfallskurven (sie wurden ja nur mittels Stoppeak-Flächen ermittelt). Der Einfluß dieser Effekte auf die Flächen von Flugpeaks konnte jedoch anhand der folgenden Prozedur abgeschätzt werden: Man verglich die exp. Zerfallskurve eines γ-Übergangs, die mittels seiner Stoppeaks aus den Differenzspektren mit guter Statistik ermittelt wurde, mit der exp. Zerfallskurve, die aus diesen Spektren mittels seiner Flugpeaks bestimmt wurde. Durch diesen Vergleich konnte man einen starken Einfluß der Raumwinkeleffekte auf die Flugpeak-Intensitäten bei Abständen $d > 1\ mm$ feststellen: bei allen starken Übergängen der hier untersuchten Kerne hatten diese beiden exp. Zerfallskurven denselben Verlauf bis zum Abstand von ca. 1 mm.

Die bei einer *RDDS*-Messung auftretenden Deorientierungseffekte, die auf die Hyperfeinwechselwirkung des Kernspins der Rückstoßkerne im Vakuum mit der Elektronenhülle zurückzuführen sind, sind von *Rascher et al.* [Ras76] detailliert untersucht worden. Die dort vorgeschlagene Prozedur zur Überprüfung bzw. Korrektur der Daten auf diese Effekte wurde im Falle von ^{128}Ba und ^{130}Ce auch hier durchgeführt. Nach [Ras76] werden die Stoppeak-Intensitäten $I_{ij}^{u}(d)$, die bei einer *RDDS*-Messung unter 55^o zum Strahl gemessen werden, von Deorientierungseffekten nicht beeinflußt. Daher wurden die unter 0^o ermittelten exp. Zerfallskurven der Zuständen 2_1^+, 4_1^+ und 6_1^+ mit denen, die unter 55^o bestimmt wurden, verglichen. Das daraus resultierende *Anisotropieverhältnis* $A_{ij}(d)$ jedes einzelnen Zustands, das durch Gl. 3.13 definiert wird,

$$A_{ij}(d) = \frac{I_{ij}^{u}(d, \vartheta = 0^o)}{I_{ij}^{u}(d, \vartheta = 55^o)} \tag{3.13}$$

erwies sich im Falle von ^{128}Ba innerhalb der statistischen Fehler bis zum Abstand von ca. $d = 2\ mm$ als konstant. Infolgedessen war eine Korrektur der exp. Zerfallskurven, die hier in beiden Ba-Kernen ermittelt wurden, nicht erforderlich. Die Anisotropieverhältnisse, die im Falle von ^{130}Ce gemessen wurden (siehe [Wrz89] und Anhang), zeigten jedoch eine starke Abnahme in Abhängigkeit von d bei Abständen $d > 40\ \mu m$.

Durch die Anpassung einer einfachen exponentiellen Funktion der Form

$$A(t) = B \cdot e^{-t/\tau_R} + C \tag{3.14}$$

an die gemessenen Anisotropieverhältnisse $A_{ij}(d)$ wurden effektive Relaxationszeiten τ_R für die Zustände 2_1^+, 4_1^+ und 6_1^+ bestimmt. Diese Zeiten, die die effektive Zeitdauer der Hyperfeinwechselwirkung angeben, lauten:

- $\tau_R(2_1^+) = 65(33)\ ps$
- $\tau_R(4_1^+) = 50(12)\ ps$, und
- $\tau_R(6_1^+) = 50(8)\ ps$

Diese Ergebnisse sind in sehr guter Übereinstimmung mit den effektiven Relaxationszeiten, die von *Gritner* in [Gri87] für die entsprechenden Zustände am Kern ^{134}Ce bestimmt worden sind.

Die exp. Zerfallskurven der Zustände 2_1^+, 4_1^+ und 6_1^+, die in dieser Arbeit unter 0^o am Kern ^{130}Ce bestimmt wurden, wurden zunächst durch ihre Anisotropieverhältnisse dividiert (und somit auf Deorientierungseffekte korrigiert), bevor eine $R(d)$-Funktion an sie angepaßt wurde.

Im Falle von ^{120}Xe schließlich war keine Aussage über Deorientierungseffekte möglich, da bei den entsprechenden $RDDS$-Messungen kein Ge -Detektor unter 55^o zum Strahl stand.

3.2 Berücksichtigung des Sidefeedings bei der Auswertung der Meßdaten

Gemäß der im obigen Abschnitt erläuterten Form der $R(d)$-Funktion setzt die Bestimmung der mittleren Lebensdauer τ_i eines Zustands i in einer γ-Kaskade voraus, daß

- die relativen Intensitäten F_h aller γ-Übergänge, die zum betrachteten Niveau i hinführen, und

- die effektiven „Feeding-Zeiten“ τ_h^e aller Zustände, die ihn bevölkern,

bekannt sind.

Dabei ergeben sich auf den ersten Blick in der Regel für die meisten diskreten γ-Übergänge bzw. Zustände keine Probleme: die entsprechenden effektiven Feeding-Zeiten τ_h^e lassen sich aus der exp. Zerfallskurve des jeweiligen Niveaus h ermitteln, die relativen Intensitäten F_h hingegen können anhand einer Intensitätsmessung unabhängig bestimmt werden.

Bei Intensitätsmessungen jedoch stellt man oft eine Differenz zwischen der Summe der Intensitäten der von einem Niveau abgehenden und der zum Niveau hinführenden γ-Übergängen fest. Diese Differenz, die man *Sidefeeding* oder *Sidefeeding-Intensität* nennt, läßt sich auf schwach bevölkerte diskrete Zustände bzw. auf nicht nachweisbare Zustände im Kontinuum zurückführen (siehe mehr dazu in [Mor76]). Da nun bei konventionellen *RDDS*-Messungen die effektive *Sidefeeding-Zeit* τ_i^{sf} eines Niveaus i nicht ermittelt werden kann, läßt sich der Einfluß des Sidefeedings auf die exp. Zerfallskurve des betrachteten Zustands nicht ohne Annahmen über τ_i^{sf} bestimmen.

Die bisherigen Veröffentlichungen über dieses Problem beschreiben folgende alternative Methoden zur Behandlung des Sidefeedings:

(a) Die Sidefeeding-Zeit τ_i^{sf} eines Zustands i ist vernachlässigbar klein (d.h. τ_i^{sf} =0) gegenüber der zu bestimmenden mittleren Lebensdauer τ_i des Niveaus i.

(b) Die Sidefeeding-Zeit τ_i^{sf} eines Zustands i in einer Rotationsbande ist gleich der kürzesten beobachteten effektiven Lebensdauer von energetisch höher liegenden Zuständen dieser Bande. (dazu siehe z.B. in [Dia69, New73])

(c) Die Sidefeeding-Zeit τ_i^{sf} eines Zustands i ist bei der Anpassung von $R(d)$-Kurven an seine exp. Zerfallskurve als ein zusätzlicher freier Parameter zu berücksichtigen. (siehe dazu z.B. [Hus77, Eml84, Azg85])

In den frühen Lebensdauermessungen in der Xe-Ba-Ce-Region wurde von der Annahme (a) Gebrauch gemacht. *Loewenich* [Loe84] stellte jedoch im Falle von ^{120}Xe fest, daß die Hypothesen (a) und (b) zu sehr unterschiedlichen Ergebnissen führten und wies darauf hin, daß endliche

Sidefeeding-Zeiten in dieser Region großen Einfluß auf die Lebensdauer eines betrachteten Niveaus haben können. Die Methode (c) schließlich lieferte im Falle von ^{128}Ba [Sto85] und ^{126}Ba [Sch86b] keine eindeutige Ergebnisse, sowohl für die mittleren Lebensdauern als auch für die Sidefeeding-Zeiten der Zustände dieser Kerne.

Wegen dieser Probleme wurde eine *RDDS*-Messung in Kombination mit $\gamma\gamma$-Koinzidenzen am Kern ^{120}Xe durchgeführt. Wie im folgenden Kapitel und in [Har87] erläutert wird, ermöglicht diese Kombination die Bestimmung von Sidefeeding-Zeiten.

Die Sidefeeding-Zeiten, die anhand dieser Messung für die Zustände 8_1^+ und 10_1^+ bestimmt wurden, waren vergleichbar mit den effektiven Lebensdauern ihrer diskreten Feeder. Dieses Ergebnis führte zur Annahme, daß ein solches Verhalten für die *Xe-Ba-Ce*-Region typisch ist.

Bei der Auswertung von drei weiteren *RDDS*-Messungen ohne $\gamma\gamma$ - Koinzidenzen an den Kernen ^{128}Ba, ^{130}Ba und ^{130}Ce wurde für die Sidefeeding-Intensität F_i^{sf} eines Zustands i angenommen, daß sie auf nur *ein* fiktives Niveau zurückzuführen ist. Die effektive Lebensdauer dieses Niveaus entsprach daher der Sidefeeding-Zeit τ_i^{sf} des betrachteten Zustands i. Folgende drei alternative Hypothesen über die Sidefeeding-Zeit wurden verwendet:

(I) Die Sidefeeding-Zeit τ_i^{sf} eines Zustands i ist vernachlässigbar klein: $\tau_i^{sf}=0$.

(II) Die Sidefeeding-Zeit τ_i^{sf} eines Zustands i ist gegeben vom gewichteten Mittelwert der Sidefeeding-Zeiten, die für die Zustände 8_1^+ und 10_1^+ des Kerns ^{120}Xe gemessen wurden:
$\tau_i^{sf}=2.8\ ps$

(III) Die Sidefeeding-Zeit τ_i^{sf} eines Zustands i ist gleich seiner diskreten Feeding-Zeit τ_i^{df}:

$$\tau_i^{sf} = \tau_i^{df} := \sum_h F_h \cdot \tau_h^e \tag{3.15}$$

mit

F_h: die relative Intensität des diskreten Feedings vom Zustand h, bezogen auf die Gesamtintensität der γ-Übergänge, die das auszuwertende Niveau entvölkern, und

τ_h^e: die effektive Lebensdauer des Feeders h.

Wenn in den nachfolgenden Abbildungen von exp. Zerfallskurven drei unterschiedliche Kurven gezeigt werden, so entspricht die durchgezogene Linie dem Fit, aus dem die mittlere Lebensdauer τ gemäß der Annahme (III) bestimmt wurde. Wie oben erwähnt, hat man bei diesem Fit drei freie Parameter (C_0, I, τ). Setzt man dann τ=0 und hält die Parameter C_o und I auf den unter Annahme (III) ermittelten Werten fest, so erhält man die gestrichelte Kurve. Sie gibt den zeitlichen Verlauf des gesamten Feedings (=diskretes Feeding + Sidefeeding) an. Setzt man zusätzlich τ_i^{sf}=0, so ergibt sich die gepunktete Kurve. Sie beschreibt den zeitlichen Verlauf des diskreten Feedings.

Durch Vergleich der durchgezogenen Linie mit der gestrichelten bzw. der gepunkteten Kurve sieht man einerseits den Beitrag des Sidefeedings bzw. des diskreten Feedings zur exp. Zerfallskurve des betrachteten Niveaus. Andererseits sieht man, wie empfindlich die jeweilige exp. Zerfallskurve auf eine Änderung der mittleren Lebensdauer reagiert.

3.3 RDDS-Messung an ^{120}Xe mit $\gamma\gamma$-Koinzidenzen.

Ziel dieser Messung war es, durch Kombination von γ-Einzelspektren und $\gamma\gamma$-Koinzidenzen Informationen über das Zeitverhalten des Sidefeedings zu erhalten und zugleich die mittlere Lebensdauer der Zustände 8_1^+ und 10_1^+ unabhängig von der Sidefeedingzeit zu bestimmen. Dafür wurden vier *Ge*-Detektoren benutzt. Wie Abb. 3.1 zeigt, standen drei davon unter 90° zum Strahl, der vierte unter 0°. $\gamma\gamma$-Koinzidenzen zwischen jeweils einem Detektor unter 90° und dem bei 0° wurden mit Hilfe einer Standard–Koinzidenzelektronik (siehe z.B [Loe84]) gemessen. Gleichzeitig wurden mit dem unter 0° positionierten Detektor γ-Einzelspektren aufgenommen. Der für die Auswertung dieses Experiments interessante Energiebereich in den gemessenen γ-Einzelspektren wird in Abb. 3.2 gezeigt. Experimentelle Zerfallskurven wurden aus den γ-Einzelspektren für die 8_1^+, 10_1^+,und 12_1^+ Zustände mittels Differenzspektren gewonnen. Sie sind im Anhang tabelliert. Die γ-Einzelspektren wurden vorher auf Meßzeit und Strahlstrom mit Hilfe der 279 keV γ-Linie aus der Coulombanregung im Gold-Backing normiert.

Die Koinzidenzdaten, d.h. die Zahlentripel mit den Energiesignalen

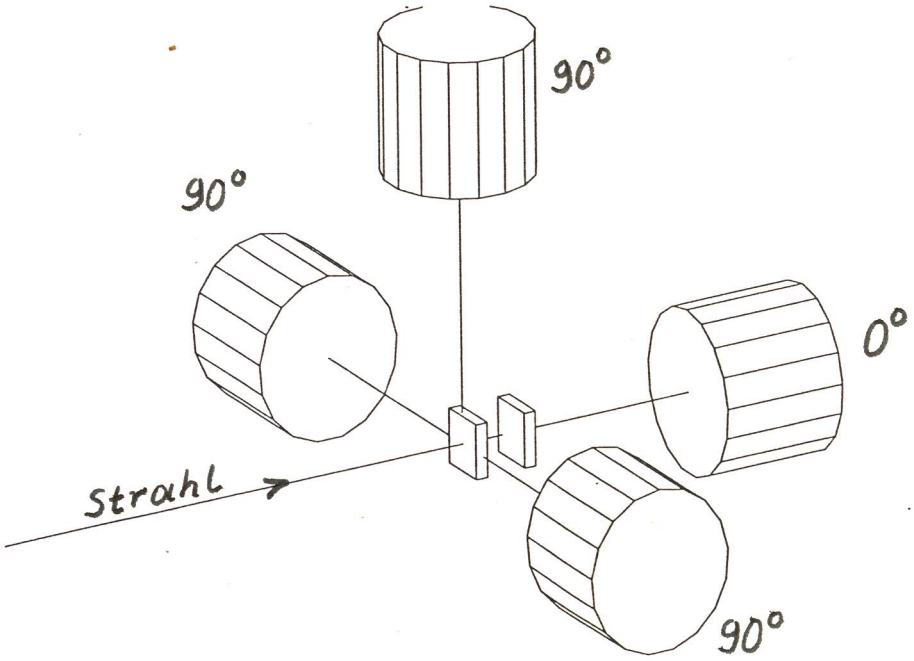


Abb. 3.1: Meßaufbau der *RDDS*-Messung an ^{120}Xe mit $\gamma\gamma$-Koinzidenzen.

aus den Detektoren bei 0^o und 90^o zum Strahl und die Zeitdifferenz zwischen den Zeitpunkten des Nachweises der γ-Quanten, sind im sog. List-Mode-Verfahren auf Magnetbänder abgespeichert worden. Wegen der niedrigen Koinzidenzzählrate von insgesamt 1 kHz erwies sich die Messung von $\gamma\gamma$-Koinzidenzen als sehr zeitaufwendig. Um eine gute Statistik pro gemessenem Abstand zu erreichen, waren im Durchschnitt ca. 24 Stunden Meßzeit nötig. $\gamma\gamma$-Koinzidenzen wurden deswegen bei nur vier Abständen gemessen. γ-Einzelspektren wurden noch bei vier weiteren Target-Stopper-Einstellungen — also bei insgesamt 8 Abständen — in 2-Stunden-Zyklus aufgenommen. Um experimentelle Zerfallskurven aus den Koinzidenz-Daten zu gewinnen, wurde die folgende Prozedur durchgeführt.

Die List-Mode-Daten wurden nach der Messung in Koinzidenzmatrizen einsortiert. Dabei wurden nur solche Energiesignale als koinzident akzeptiert, die mit einer Zeitdifferenz von weniger als 50 ns erzeugt wurden. Somit erhielt man für jeden gemessenen Abstand zwischen Target und Stopper drei zweidimensionale Matrizen mit einer Auflösung von jeweils 4096 $\times$ 4096 Kanälen. Durch Projektion der Daten in einer solchen

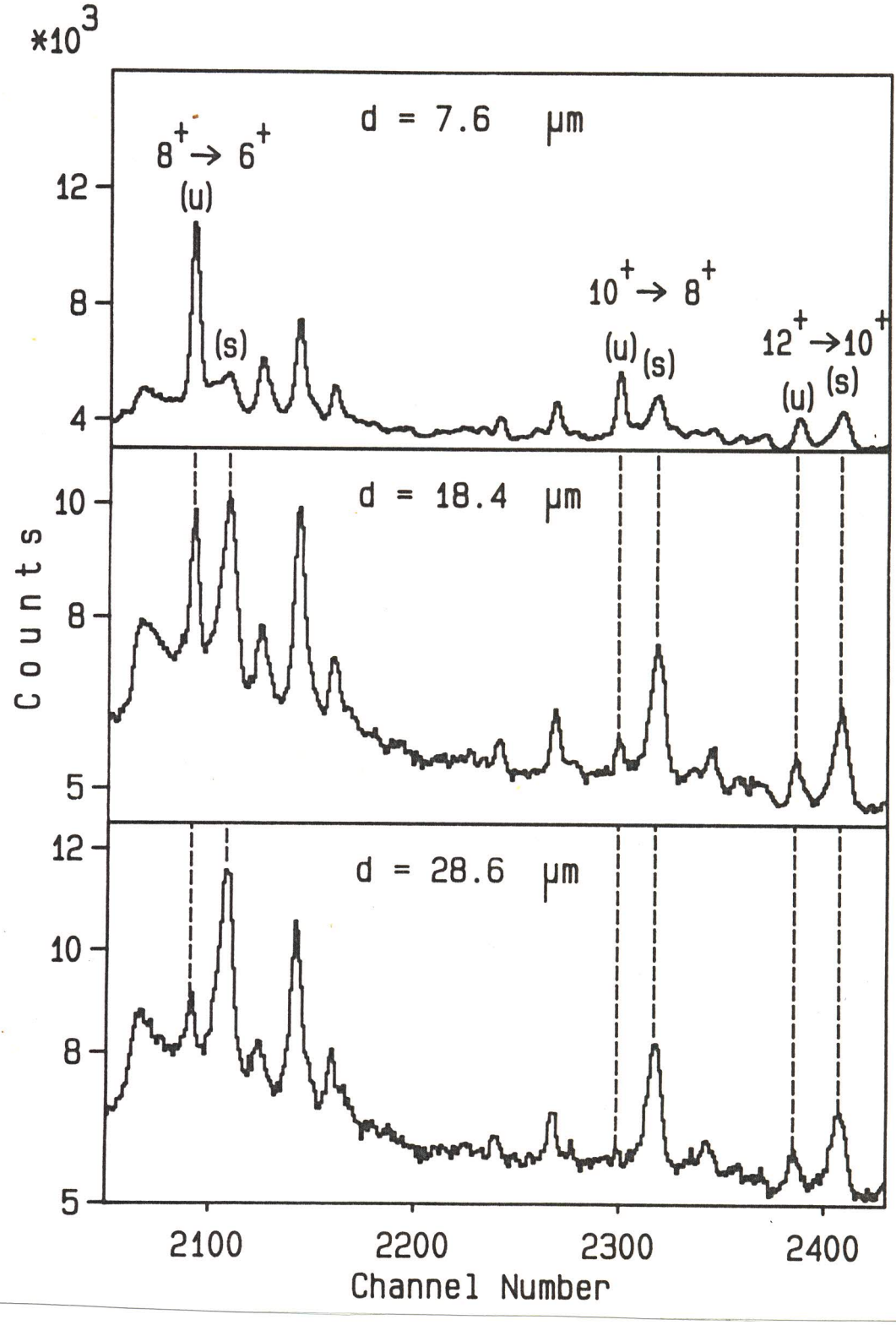


Abb. 3.2: Lebensdauermessung mit $\gamma\gamma$-Koinzidenzen in ^{120}Xe: γ-Einzelspektren aufgenommen mit dem "'0°"-Detektor bei 3 Target-Stopper-Abständen. Die Stop- bzw. Flugpeaks der relevanten γ-Übergänge werden mit (u) bzw. (s) bezeichnet.

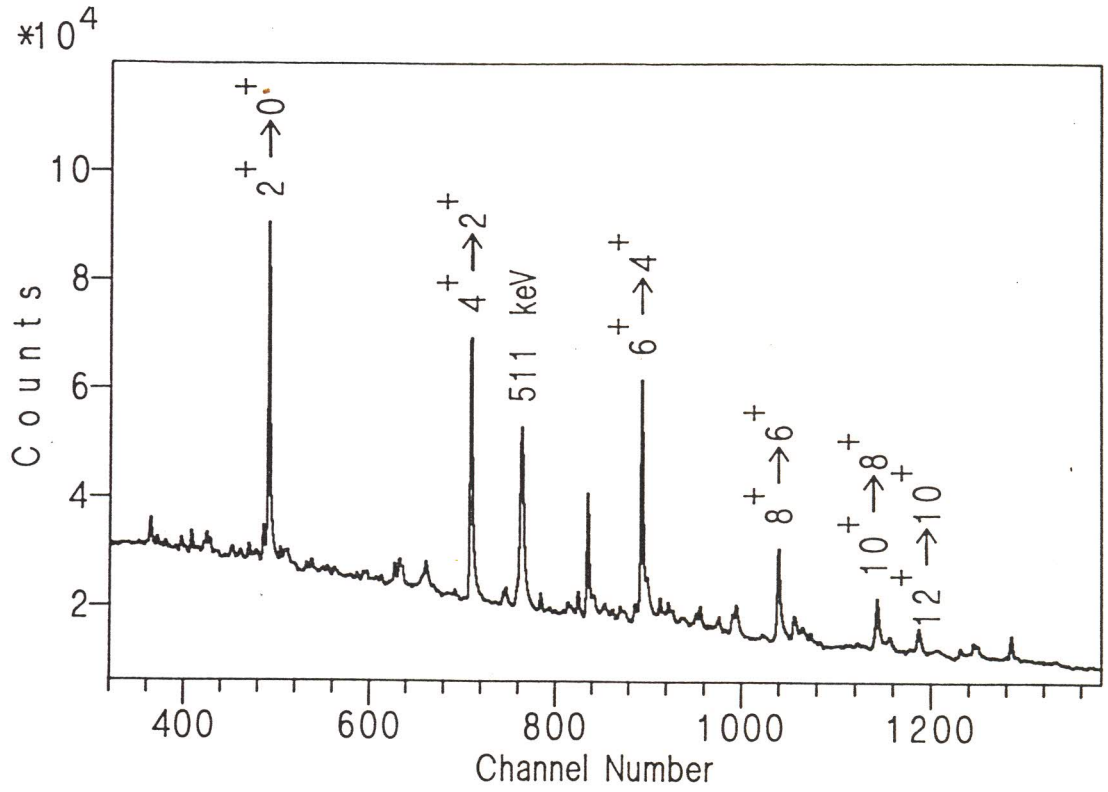


Abb. 3.3: Totale Energie-Projektion aus einem unter 90° positionierten Detektor bei der $RDDS$-Messung mit $\gamma\gamma$-Koinzidenzen in ^{120}Xe.

Matrix auf eine ihrer Achsen erhielt man ein Spektrum all der γ-Quanten, die innerhalb des oben erwähnten Zeit-Fensters vom entsprechenden Detektor nachgewiesen worden sind. In Abb. 3.3 wird eine solche Energie-Projektion von einem der „90°"-Detektoren gezeigt. Diese Projektionen dienten im weiteren dazu, Fenster auf γ-Übergänge der Yrast-Bande in ^{120}Xe bis zum $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ zu setzen, um die dazugehörigen eindimensionale Koinzidenzspektren des 0°-Detektors, die im weiteren als Schnitte bezeichnet werden, zu erzeugen. Hierfür definiert man in jeder Matrix einen energetischen Bereich um den Schwerpunkt einer der oben erwähnten γ-Linien aus der Projektion des jeweiligen 90°-Detektor und wählt nur die vom 0°-Detektor nachgewiesene γ-Quanten aus, die koinzident mit dem Inhalt dieses energetischen Bereiches sind. Da in den resultierenden Spektren nicht nur echte sondern auch zufällige Koinzidenzen auftauchen, werden neben den oben erwähnten Fenstern („Peak"-Fenster) auch Fenster der gleichen Breite auf Untergrund, der möglichst nahe zur relevan-

ten γ-Linie zu wählen ist, gesetzt („Untergrund"-Fenster). Die dadurch erhaltenen Untergrund-Schnitte werden dann von den Peak-Schnitten abgezogen. Wenn im folgenden von Schnitten gesprochen wird, sind immer solche vom Untergrund bereinigte Spektren gemeint. In Abbildung 3.4 werden Schnitte, die koinzident mit dem $2_1^+ \rightarrow 0_1^+$ γ-Übergang in einem der 90°-Detektoren sind, bei drei verschiedenen Abständen zwischen Target und Stopper gezeigt.

Der 12_1^+-Zustand

Für die Bestimmung der Intensität des zum $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergang gehörenden Stoppeaks wurden alle Schnitte, die bei diesem Abstand in Koinzidenz mit Übergängen der Yrast-Bande bis zum $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ gemessen wurden, aufaddiert. Die dadurch bei den vier verschiedenen Abständen erhaltenen Spektren wurden auf die nach der Gesamtintensität der $2_1^+ \rightarrow 0_1^+$ γ-Linie aus den entsprechend aufaddierten Energieprojektionen des 0°-Detektors normiert. Wegen der relativ langen Lebensdauer des 2_1^+-Zustands — sie beträgt 60 ps und entspricht damit einer Zerfallslänge von ca. 160 μm — bleibt diese Intensität innerhalb des auszuwertenden Abstandbereiches von 7.6 μm bis 18.4 μm konstant. Diese Normierungsprozedur wurde für alle in der Auswertung dieses Experiments benötigten Schnitte durchgeführt. Die resultierende experimentelle Zerfallskurve des $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergangs ist in Abb. 3.5 mit ausgefüllten Rechtecken dargestellt. Die durchgezogene Linie ist der 1-K-Fit, aus dem man eine effektive Lebensdauer von 2.4(5) ps erhält.

Abb. 3.6 zeigt die entsprechende experimentelle Zerfallskurve bzw. die angepaßte $R(d)$-Funktion für die γ-Einzelspektren. Aus dieser Kurve erhält man durch einen 1-K-Fit eine effektive Lebensdauer von 1.8(4) ps. Der Punkt bei d = 0 μm ist der Mittelwert der Summen von Stop- und Flugpeakintensitäten in den bei den unterschiedlichen Abständen gemessenen Koinzidenzpektren. Für alle γ-Übergänge, die zu dieser Auswertung herangezogen wurden, blieb die Summe konstant. Da bei d=0 μm kein Flugpeak zu erwarten ist, läßt sich diese Summe als die Intensität des jeweiligen Stoppeaks bei $d = 0$ μm interpretieren. Davon wurde bei der Auswertung der $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ und $8_1^+ \rightarrow 6_1^+$ γ-Übergänge ebenfalls Gebrauch gemacht.

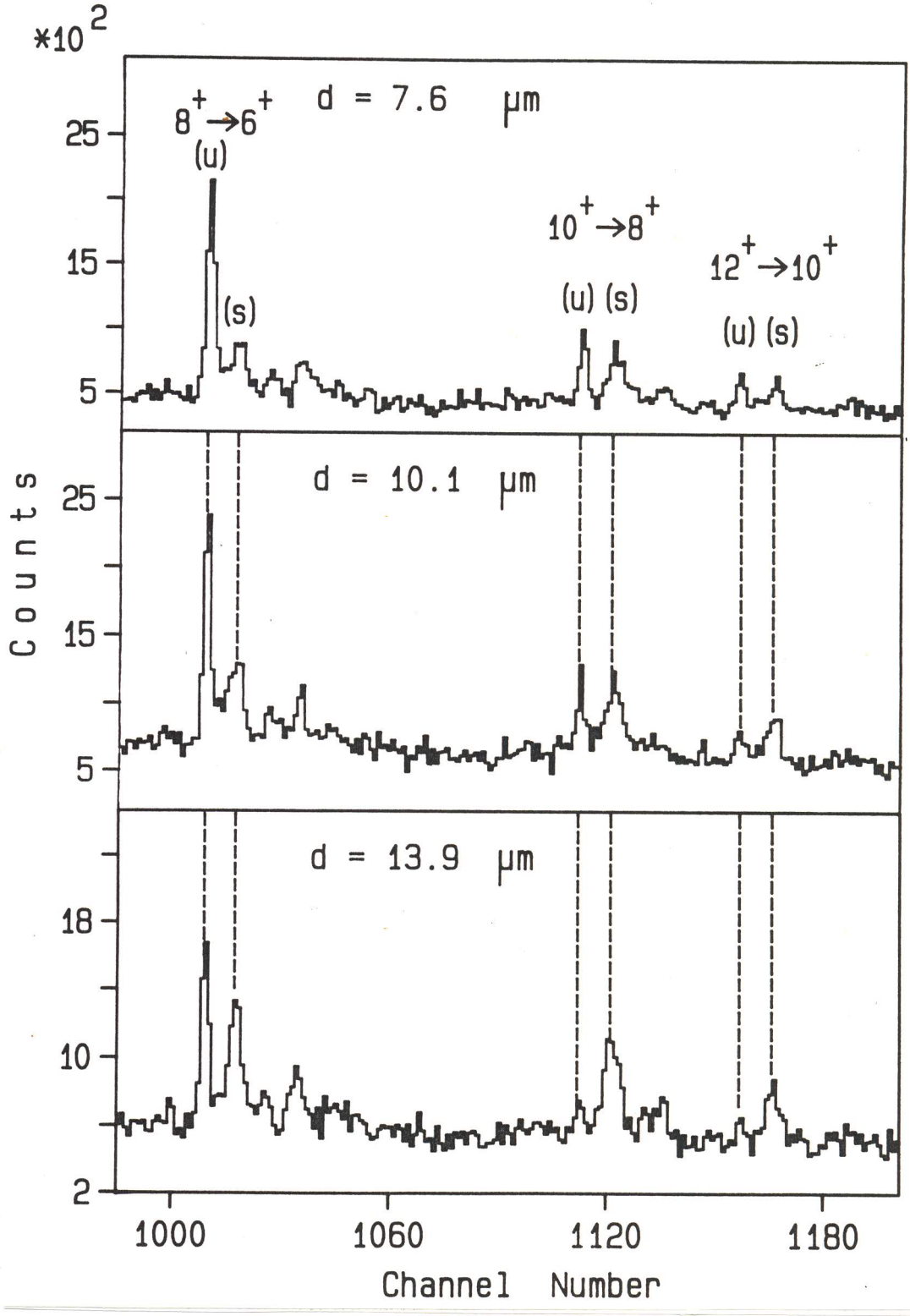


Abb. 3.4: *RDDS*-Messung mit $\gamma\gamma$-Koinzidenzen in ^{120}Xe: Schnittspektren in Koinzidenz mit dem $2_1^+ \rightarrow 0_1^+$ γ-Übergang im ^{120}Xe, bei drei verschiedene Target-Stopper-Abständen. Die Stop- bzw. Flugpeaks der relevanten γ-Übergänge werden mit (u) bzw. (s) bezeichnet.

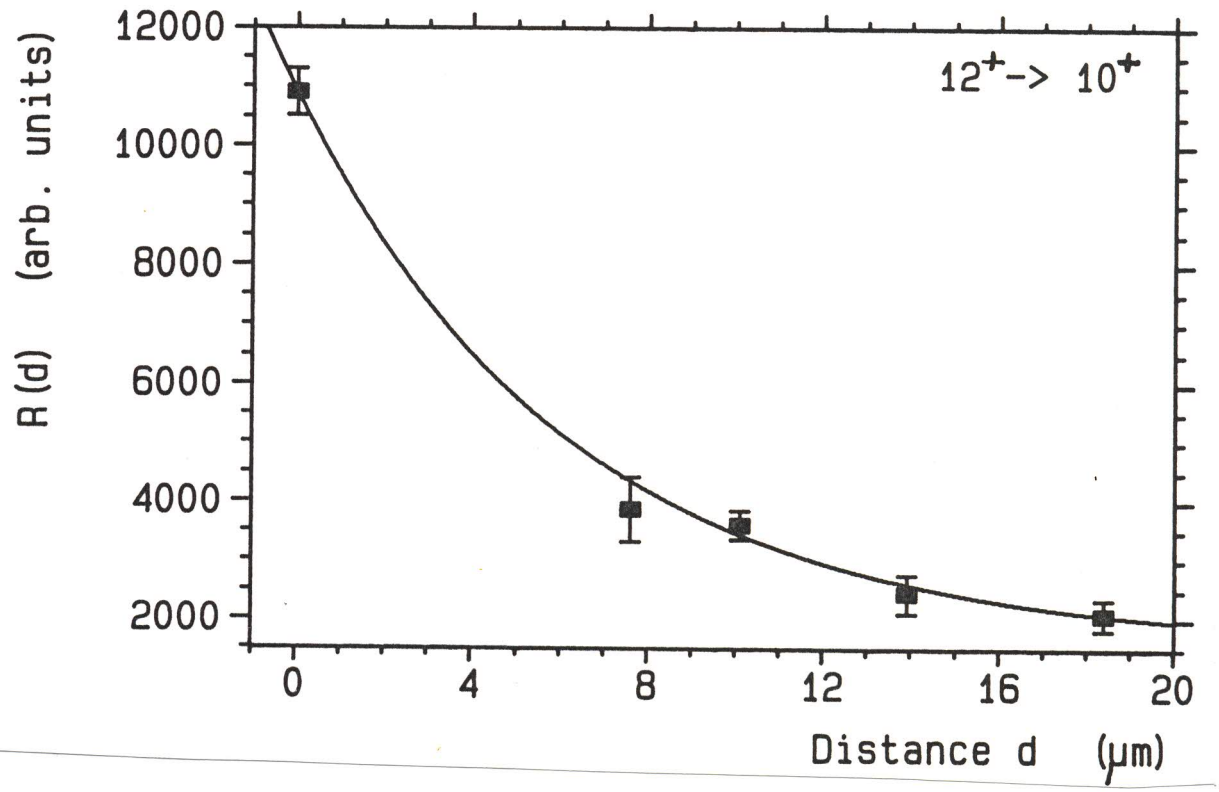


Abb. 3.5: Exp. Zerfallskurve (Rechtecke) des 12_1^+-Zustands gemessen in Koinzidenz mit allen γ-Übergängen der Grundzustandbande bis zum $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$. Die durchgezogene Linie entspricht dem 1-K-Fit, aus dem die effektive Lebensdauer des 12_1^+-Zustands bestimmt wurde.

Der 10_1^+-Zustand

Für den 10_1^+-Zustand wurden drei experimentelle Zerfallskurven bestimmt. Abb. 3.7 zeigt die Zerfallskurve, die in Koinzidenz mit dem $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergang gemessen wurde. Zur dieser Zerfallskurve trägt nun das Sidefeeding des 10_1^+-Zustands nicht bei, da wegen der obigen Koinzidenzbedingung nur Ereignisse berücksichtigt werden, die den 10_1^+-Zustand über den $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ Übergang bevölkern. Demzufolge läßt sich aus dieser Zerfallskurve die Lebensdauer des 10_1^+-Zustands unabhängig von seiner Sidefeedingzeit bestimmen, vorrausgesetzt, daß die Zeitverteilung der Bevölkerung aus dem 12_1^+-Zustand bekannt ist.

Um diese Lebensdauer zu bestimmen, wurde an die obige Zerfallskurve des 10_1^+-Zustands eine $R(d)$-Funktion mit zwei Komponenten angepaßt. Dabei wurde die Bevölkerung des 10_1^+-Zustands durch die schon bestimmte effektive Lebensdauer des 12_1^+-Zustands simuliert. Das Ergebniss wird in Abb. 3.7 von der durchgezogene Kurve a“ dargestellt. Es waren ins-

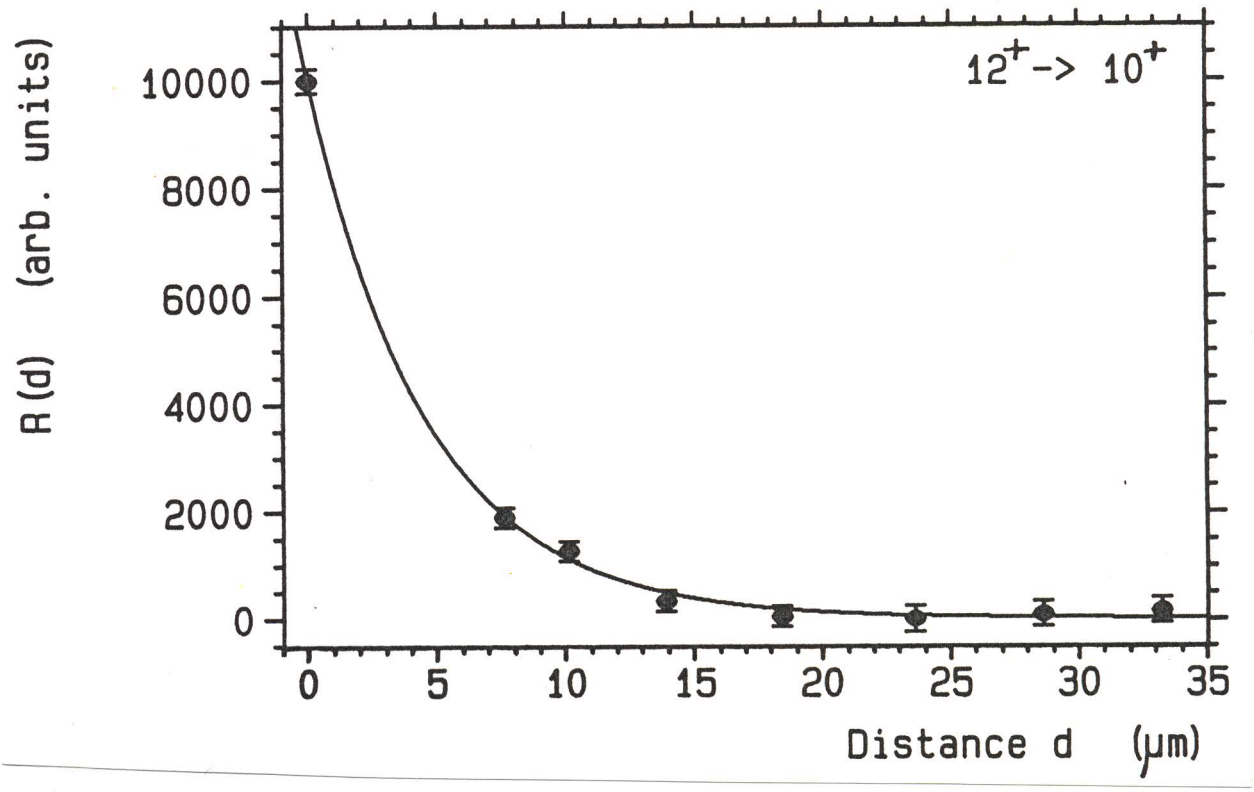


Abb. 3.6: Exp. Zerfallskurve (Kreise) des 12_1^+-Zustands bestimmt aus den γ-Einzelspektren. Die durchgezogene Linie entspricht dem 1-K-Fit, aus dem die effektive Lebensdauer bestimmt wurde.

gesamt fünf Parameter zu berücksichtigen. Zwei davon, nämlich die effektive Lebensdauer des 12_1^+-Zustands und die Intensität des $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ Übergangs relativ zu der des $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergangs, wurden dabei festgehalten, da der erste schon unabhängig bestimmt wurde (siehe oben) und der zweite durch die Koinzidenzbedingung als 100% vorgegeben war. Freie Parameter waren der Untergrund der Zerfallskurve C_0, die untergrundbereinigte Anfangspopulation des 10_1^+-Niveaus I und die zu bestimmende Lebensdauer τ des 10_1^+-Zustands. Die sich daraus ergebene Lebensdauer beträgt 1.0(5) ps. Hält man nun zusätzlich zu den zwei vorgegebenen Parametern auch C_0 und I auf ihren angepaßten Werten fest und setzt darüberhinaus τ=2.4 ps, so erhält man die durchgezogene Kurve „b“. Eine solche Lebensdauer von 2.4 ps erhielt man aus der Anpassung einer $R(d)$-Funktion an die aus den γ-Einzelspektren ermittelte Zerfallskurve des 10_1^+-Zustandes unter der Annahme, daß die Sidefeedingzeit des betrachteten Niveaus gleich null ist. Durch den Vergleich der in Abb. 3.7 gezeigten Kurven a“ und b“ läßt sich diese Annahme

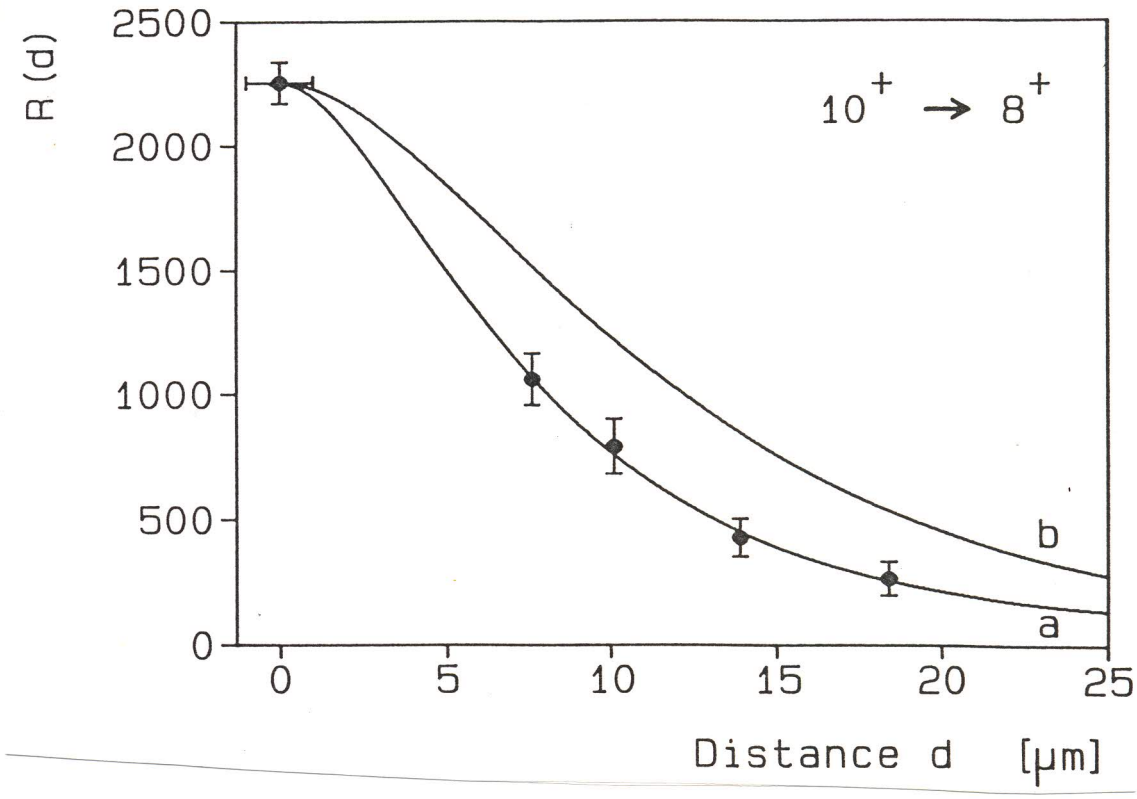


Abb. 3.7: Experimentelle Zerfallskurve des 10_1^+-Zustands (Kreise) gemessen in Koinzidenz mit dem $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergang. Die durchgezogene Linie „a" entspricht einem 2-K-Fit, aus dem die Lebensdauer des 10_1^+-Zustands bestimmt wurde. Die Kurve „b" zeigt den zu erwartenden Verlauf der Zerfallskurve unter der Annahme eines prompten Sidefeedings.

überprüfen. Die starke Differenz zwischen der Kurve „b" und der Kurve „a" beweist eindeutig, daß das Sidefeeding des 10_1^+-Zustands nicht als prompt anzunehmen ist. Bei prompten Sidefeeding müßten diese beide Kurven identisch sein.

Durch einen 3-K-Fit an die experimentelle Zerfallskurve des 10_1^+-Zustands, die aus den γ-Einzelspektren bestimmt wurde, wurde eine Sidefeeding-Zeit von 2.9(14) *ps* ermittelt. Ein 3-K-Fit an die experimentelle Zerfallskurve, die in Koinzidenz mit allen γ-Übergängen der Grundzustandsbande bis zum 8_1^+-Zustand gemessen wurde, wurde ebenfalls durchgeführt. Die aus dem zuletzt erwähnten 3-K-Fit resultierende Sidefeeding-Zeit beträgt 2.2(13) *ps*. Beide experimentellen Zerfallskurven werden in Abb. 3.8 gezeigt. In beiden Fits war die Sidefeeding-Zeit τ^{sf} des 10_1^+-Zustands ein freier Parameter, wohingegen seine mittlere Lebensdauer (τ=1.0(5) *ps*) festgehalten wurde. Die durchgezogene Linie a" ist der 3-

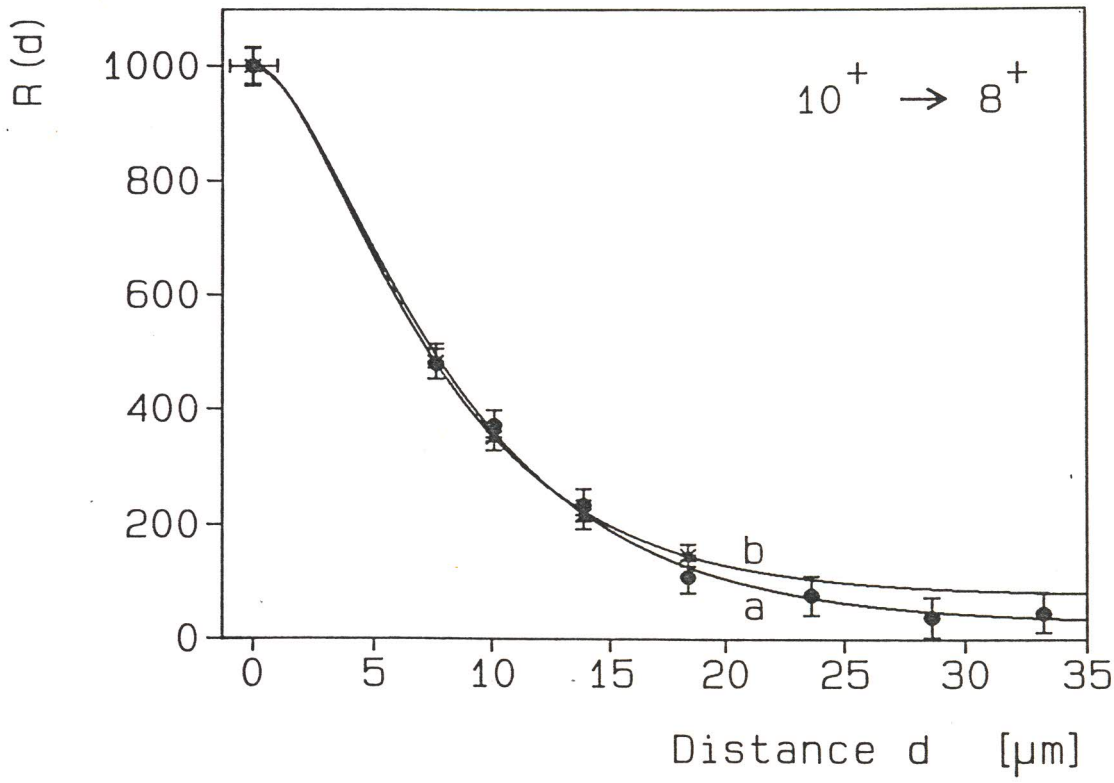


Abb. 3.8: Experimentelle Zerfallskurve (Kreise) des 10_1^+-Zustands ermittelt aus den γ-Einzelspektren. Die Sternchen stellen die exp. Zerfallskurve, die in Koinzidenz mit allen γ-Übergängen der Grundzustandsbande bis zum 8_1^+-Zustand gemessen wurde, dar. Die entsprechenden 3-K-Fits (durchgezogene Linien) werden mit „a" bzw. „b" bezeichnet.

K-Fit an die experimentelle Zerfallskurve aus den γ-Einzelspektren. Der 3-K-Fit an die mit Sternchen dargestellte experimentelle Zerfallskurve aus Koinzidenzdaten ist durch die durchgezogene Linie „b" dargestellt.

Der 8_1^+-Zustand

Die Auswertung des 8_1^+-Zustandes wurde analog zu der des 10_1^+-Zustandes durchgeführt. Wieder ist die experimentelle Zerfallskurve, die in Koinzidenz mit dem $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ Übergangs gemessen wurde, in Abb. 3.9 gezeigt. Die durchgezogene Linie „a" ist die angepaßte Kurve, aus der die Lebensdauer des 8_1^+-Zustandes bestimmt wurde. Die resultierende mittlere Lebensdauer beträgt 1.9(6) ps. Die für diesen Fit notwendige effektive Lebensdauer des 10_1^+-Zustandes wurde durch einen 1-K-Fit an seine in Koinzidenz gemessene Zerfallskurve der Abb. 3.8 bestimmt. Die durchgezogene Linie b" in Abb. 3.9 erhält man, wenn alle Parameter des Fits

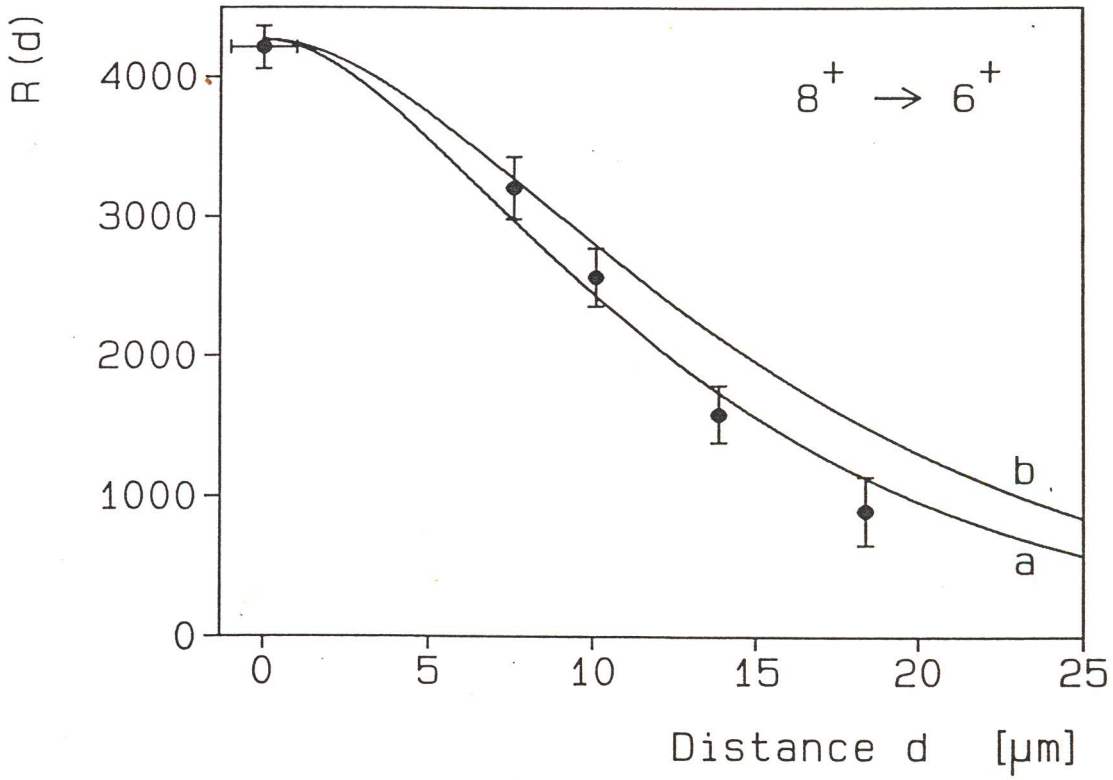


Abb. 3.9: Experimentelle Zerfallskurve (Kreise) des 8_1^+-Zustands gemessen in Koinzidenz mit dem $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ γ-Übergang. Die durchgezogene Linie „a" entspricht einem 2-K-Fit, aus dem die Lebensdauer des 8_1^+-Zustands bestimmt wurde. Die Kurve „b" zeigt den zu erwartenden Verlauf der Zerfallskurve unter der Annahme eines prompten Sidefeedings.

„a" festgehalten werden und zusätzlich die Lebensdauer des 8_1^+-Zustands auf 2.9 *ps* gesetzt wird. Diese Lebensdauer erhält man, wie im Falle des 10_1^+-Zustands (siehe oben), aus den γ-Einzelspektren unter der Annahme eines promten Sidefeedings.

Ein 5-K-Fit an die beiden exp. Zerfallkurven des 8_1^+-Zustands, von denen jeweils eine aus den γ-Einzelspektren ermittelt bzw. in Koinzidenz mit allen Grundzustandsübergngen bis zum $6_1^+ \rightarrow 4_1^+$ gemessen wurde, lieferte Sidefeeding-Zeiten von 4.1(28) *ps* bzw. 3.5(26) *ps*. Diese Zerfallskurven und die dazugehörigen Fits werden in Abb. 3.10 gezeigt. Die zur Auswertung dieser Messung notwendigen relativen Intensitäten aller relevanten γ-Übergängen wurden aus den von *Loewenich* [Loe84, LoePM] gemessenen Anregungsfunktionen ermittelt.

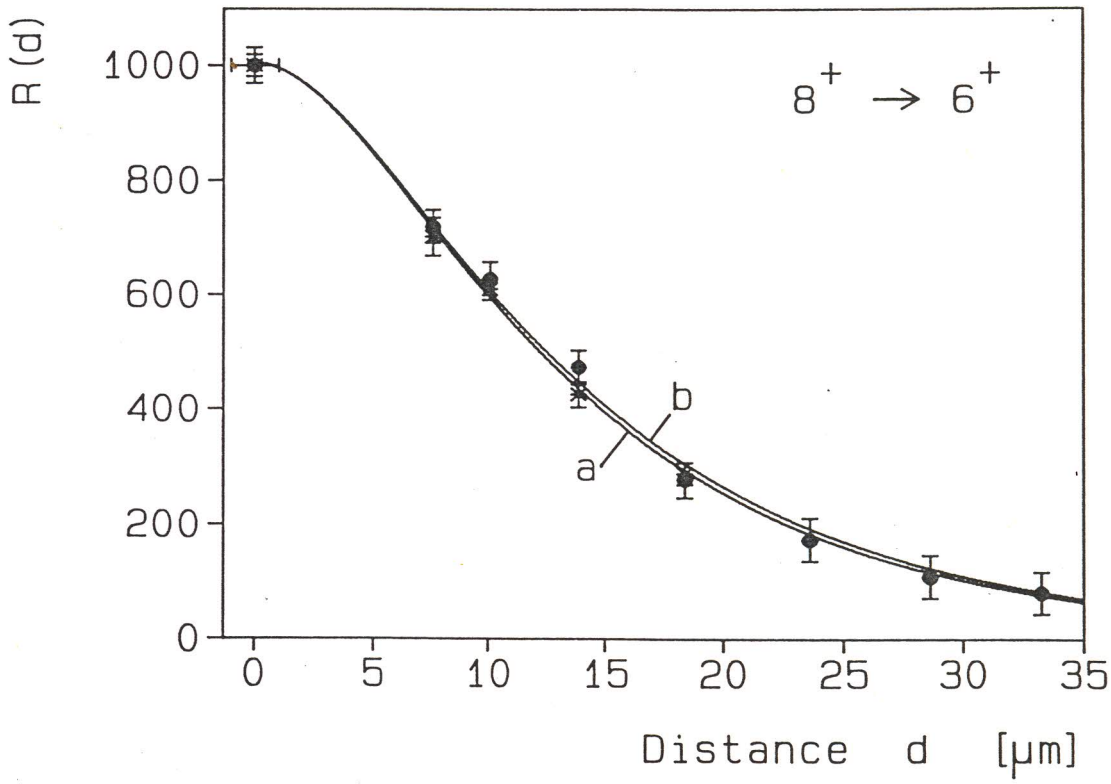


Abb. 3.10: Experimentelle Zerfallskurve (Kreise) des 8_1^+-Zustands ermittelt aus den γ-Einzelspektren. Die Sternchen stellen die exp. Zerfallskurve, die in Koinzidenz mit allen γ-Übergängen der Grundzustandsbande bis zum $6_1^+ \rightarrow 4_1^+$ gemessen wurde, dar. Die entsprechenden 5-K-Fits (durchgezogene Linien) werden mit „a" bzw. „b" bezeichnet.

Tab. 3.1: Ergebnisse der $RDDS$-Messung mit $\gamma\gamma$-Koinzidenzen an ^{120}Xe: τ sind die in $\gamma\gamma$-Koinzidenz gemessenen mittleren Lebensdauern. Die effektiven Lebensdauern τ^e und Sidefeeding-Zeiten τ^{sf}, die in Koinzidenz gemessen bzw. aus den γ-Einzelspektren ermittelt wurden, sind unter (a) bzw. (b) abzulesen. F^{sf} gibt die relative Sidefeeding-Intensität des jeweiligen Zustands an.

Zustand (keV)	I^π $(\hbar)$	F^{sf} (%)	τ^e (ps) (a)	τ^e (ps) (b)	τ (ps)	τ^{sf} (ps) (a)	τ^{sf} (ps) (b)
2099.1	8^+	22.8(26)		4.6(8)	1.9(6)	3.5(26)	4.1(28)
2872.6	10^+	48.4(32)	3.8(4)	3.9(4)	1.0(5)	2.2(13)	2.9(14)
3676.4	12^+		2.4(5)	1.8(4)			

3.4 RDDS-Messung an ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen

Die γ-Einzelspektren dieser Messung wurden ebenfalls mit Hilfe der 279 keV γ-Linie aus der Coulombanregung im Gold-Stopper normiert. Die experimentellen Zerfallskurven, die mittels Differenzspektren ermittelt wurden, sind im Anhang tabelliert.

Die relativen Intensitäten aller γ-Übergänge, die in der Auswertung herangezogen wurden, wurden aus der von Loewenich *et al.* [Loe86] durchgeführten γ-Winkelverteilungsmessung übernommen. Nach [Loe84, LoePM] stimmten die Ergebnisse dieser Messung mit denen einer Intensitätsmessung, die am Ende der *RDDS*-Messung ausgeführt worden ist, überrein. Das zur Auswertung der experimentellen Zerfallskurven benötigte Termschema des Kerns ^{120}Xe wurde ebenfalls aus [Loe86] übernommen. Zur Unterscheidung der verschiedenen Banden wurde hier eine willkürliche Numerierung eingeführt. Die Zuordnung ist aus dem Termschema im Anhang ersichtlich.

Die Banden '1' und '2'

In den Banden '1' und '2' wurden mittlere Lebensdauern für die Zustände 2^+, 3^+ und 4^+ bestimmt. Für die Zustände 5^+ und 6^+ konnten nur effektive Lebensdauern ermittelt werden, da für ihre Vorgänger (7^+) bzw. (8_2^+) wegen der schlechten Statistik keine experimentelle Zerfallskurve ermittelt werden konnte. Experimentelle Zerfallskurven für alle ausgewerteten Zustände der Banden '1' und '2' werden in Abb. 3.11 und 3.12 gezeigt. Die Lebensdauern, die in den Banden '1' und '2' bestimmt wurden, sind – wie alle Ergebnisse dieser Auswertung – in Tabelle 3.2 zusammengefaßt.

Die Banden '3', '4' und '5'

In der Bande '5' wurde nur für den (9^-)-Zustand bei 2970.7 keV eine experimentelle Zerfallskurve bestimmt (siehe Abb. 3.15). Für den (7^-)-Zustand bei 2495.6 keV konnte hier keine Zeitinformation erhalten werden, da nach [Loe86] der einzige ihn entvölkernde γ-Übergang $(7^-) \rightarrow 6_1^+$ kontaminiert ist.

Im Gegensatz zu [Loe84] konnte aus den gemessenen γ-Spektren keine zufriedenstellende experimentelle Zerfallskurve für den 12_1^+-Zustand (Ban-

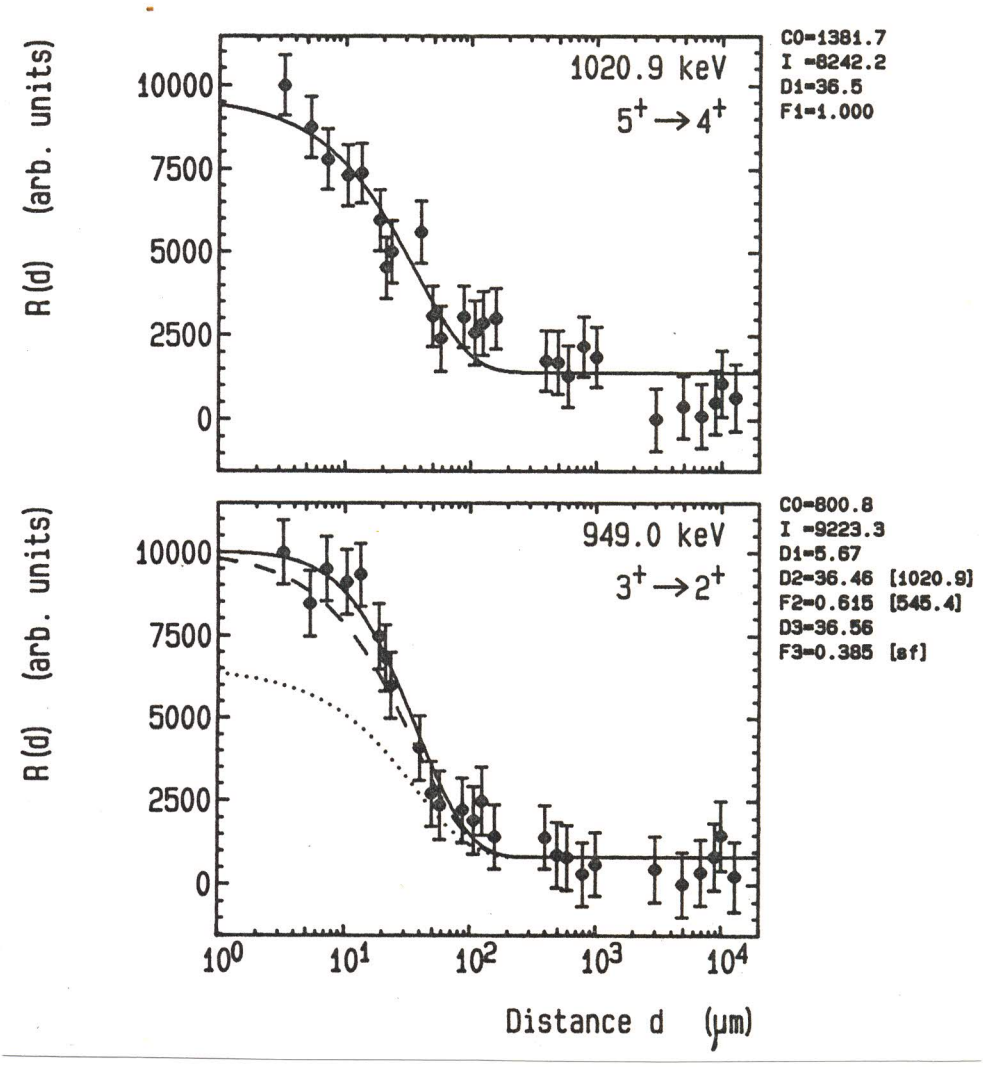


Abb. 3.11: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der γ-Bande (Bande „2"). Die durchgezogenen Linien sind die jeweiligen Fits, unter der Annahme, daß die Sidefeeding-Zeit τ^{sf} gleich der effektiven Zeit τ^{df} des diskreten Feedings ist. Die jeweils verwendeten Fit-Parameter, wie sie im Abschnitt 3.1 erläutert werden, werden rechts oben im jeweiligen Bild angezeigt. Dabei sind die Energien der berücksichtigten γ-Übergänge in eckigen Klammern angegeben. „sf" bedeutet das Sidefeeding, „eff" einen zum Fit angenommenen fiktiven Feeder. Das angenommene Verzweigungsverhältniss b vom Niveau x zum Niveau y wird ebenfalls rechts oben vom jeweiligen Bild („bra") nach der Reihe x, y, b angegeben. Wenn keine Verzweigungsverhältnisse angegeben werden, so gilt für alle Feeder x: b=1. und y=1. Die gestrichelte Linie gibt den zeitlichen Verlauf der gesamten Bevölkerung (=diskretes Feeding + Sidefeeding) an. Die gepunktete Linie hingegen zeigt den zeitlichen Verlauf nur der diskreten Bevölkerung. Die Prozedur zur Ermittlung der beiden letzten Kurven wird in Kapitel 3.2 erörtert. Wenn nur eine durchgezogene Linie angezeigt wird, so entspricht sie einen 1-K-Fit (siehe Kapitel 3.1), aus dem nur eine effektive Lebensdauer τ^e bestimmt werden konnte.

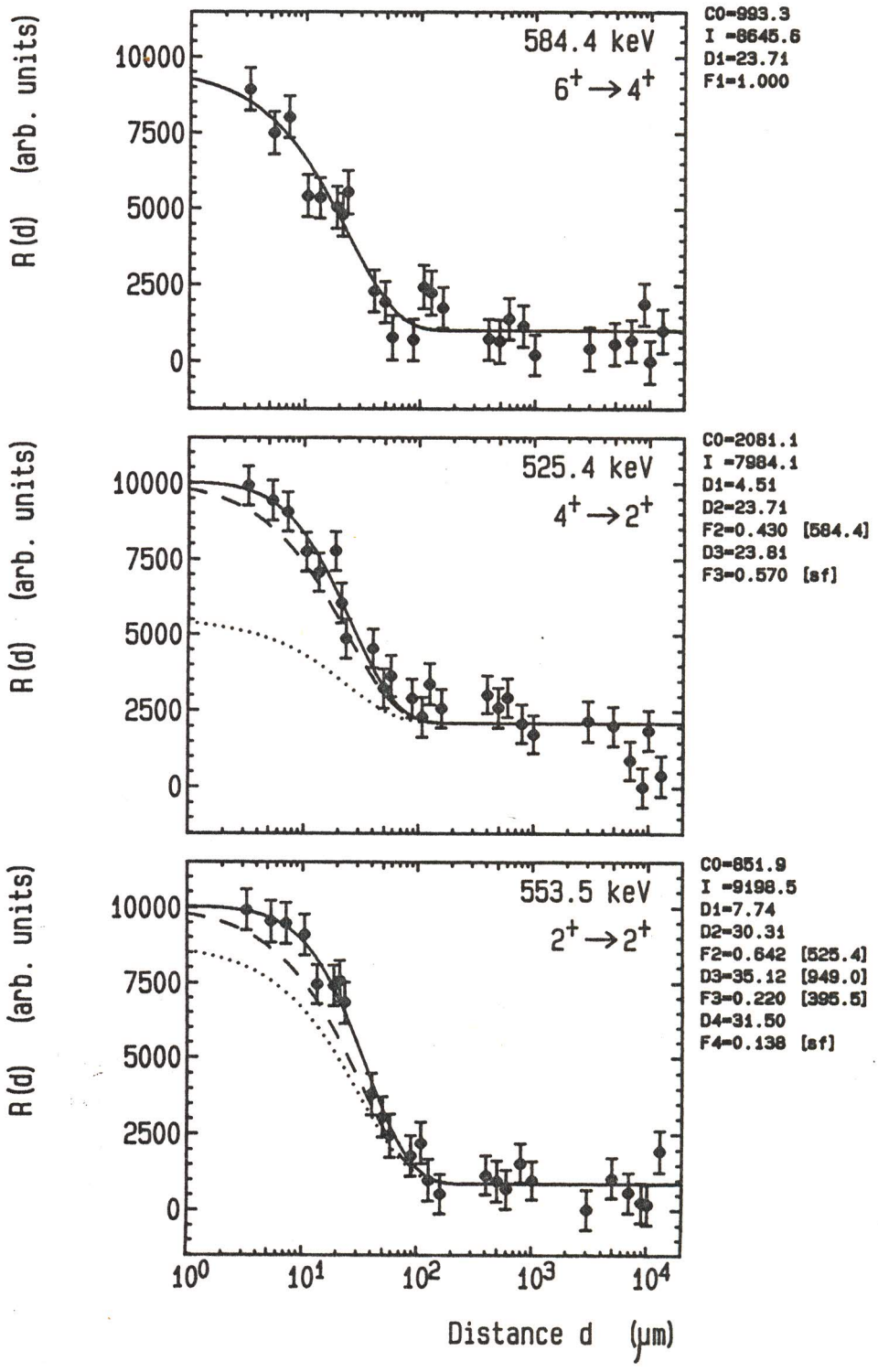


Abb. 3.12: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der γ-Bande (Bande „1“). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

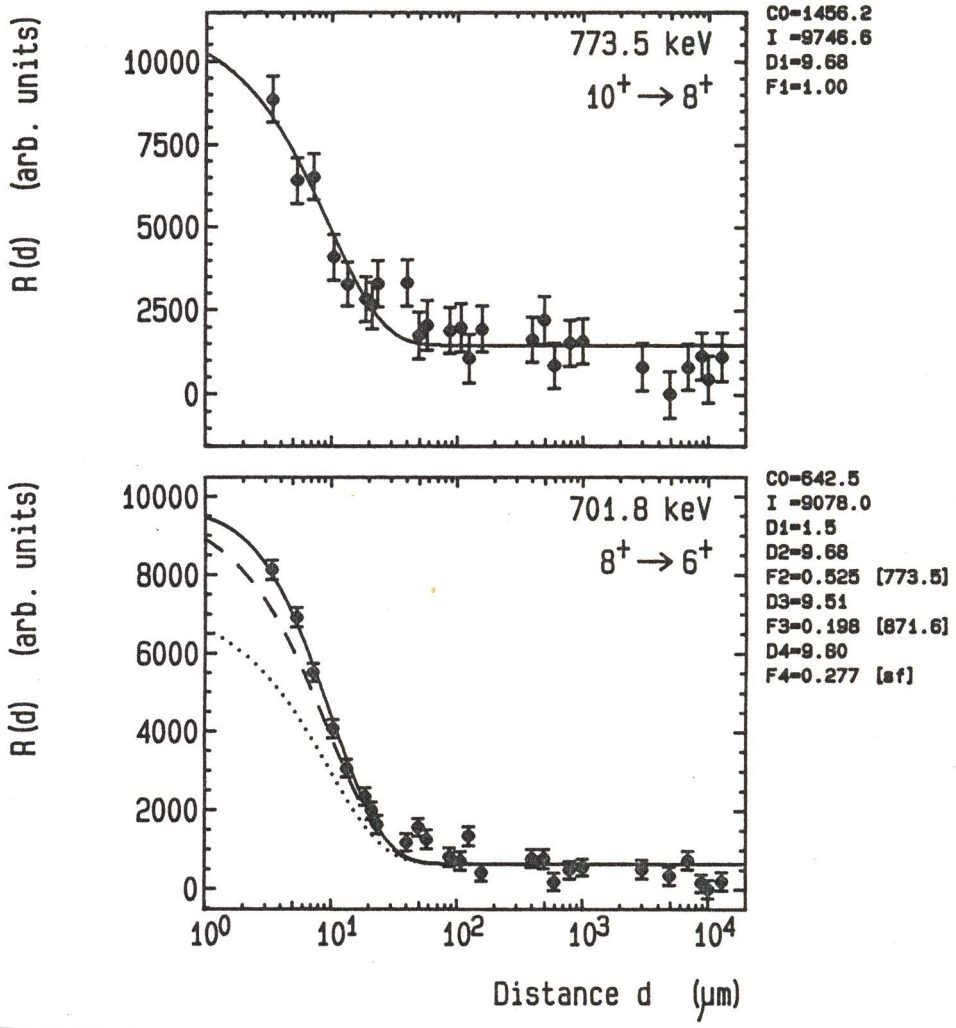


Abb. 3.13: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) der Zustände 10_1^+ (Bande „3“) und 8_1^+ (Bande „4“). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

de „3“) bei 3676.4 *keV* ermittelt werden. Daher konnte für den 10_1^+-Zustand nur eine effektive Lebensdauer bestimmt werden. Die exp. Zerfallskurve des 10_1^+-Zustands und der entsprechende 1-K-Fit ist in Abb. 3.13 zu sehen.

Für den 8_1^+-Zustand (Bande '4') wurde in der vorliegenden Auswertung eine mittlere Lebensdauer ermittelt, die wesentlich kleiner ist als die in [Loe84] angegebene. Dies läßt sich auf die unterschiedliche Anzahl der zum Fit der jeweiligen experimentellen Zerfallskurven berücksichtig-

ten Meßpunkte zurückführen. Im Gegensatz zu [Loe84] wurden hier die Intensitäten der Stoppeaks aller γ-Übergänge, die bei den zwei kleinsten absoluten Abständen $0.5\mu m$ und $2.5\mu m$ gemessen wurden, nicht beim Fit berücksichtigt. Aufgrund experimenteller Bedingungen [DewPM] erwiesen sich diese absoluten Abstände in dieser Messung als unerreichbar. Im allgemeinen stimmen die hier ermittelten mittleren Lebensdauern mit den in [Loe84] angegebenen überein, wenn man annimmt, daß ein promptes Sidefeedings vorliegt und die oben erwähnten zwei Meßpunkte unberücksichtigt läßt. Für den 8_1^+-Zustand erhält man jedoch $R(d)$-Funktionen, deren Verlauf unerwartet stark von diesen Meßpunkten beeinflußt werden, so daß sich daraus eine wesentlich längere Lebensdauer ergab.

Weitere Unterschiede zwischen der vorliegenden und der früheren Auswertung in [Loe84] wurden bei der Anpassung von $R(d)$-Funktionen an die unter 0° gemessene Zerfallskurve des 6_1^+-Zustands festgestellt. Diese Zerfallskurve enthält eine langlebige Komponente, die nach [Loe84] auf die über Nebenreaktionen bevölkerten Kerne ^{118}Te und ^{120}Te zurückzuführen ist. Die dort vorgeschlagene bzw. durchgeführte Korrektur der exp. Zerfallskurve des 6_1^+-Zustands erwies sich beim Fit der vorliegenden Auswertung als unvollständig. Obwohl von der hier ermittelten exp. Zerfallskurve des 6_1^+-Zustands eine verhältnismäßig langsame Komponente derselben Zeitkonstante und relativer Intensität wie in [Loe84] abgezogen wurde, wiesen die so korrigierten Meßpunkte immer noch eine langlebige Komponente auf (siehe Abb. 3.14).

Diese Komponente ließ sich anhand der hier bestimmten diskreten Feedingzeiten und der in [Loe84] angegebenen relativen Intensitäten nicht zufriedenstellend reproduzieren. Die Frage, ob sie dem Zerfall des (7^-) - Zustands der Bande '5' entsprach, konnte nicht beantwortet werden, da wie oben erwähnt keine exp. Zerfallskurve für sie gemessen werden konnte.

Als möglicher Kandidat kommt ein γ-Übergang von 1533 keV in Frage, dessen experimentelle Zerfallskurve einen sehr langsamen Abfall aufweist (siehe Abb. 3.15). Dieser Übergang wurde in [Loe84] in Koinzidenz mit der $6_1^+ \rightarrow 4_1^+$ γ-Linie gemessen. Wegen der schlechten Statistik der dort gemessenen Koinzidenzspektren konnte er jedoch im Termschema des ^{120}Xe nicht plaziert werden.

Um die mittlere Lebensdauer des 6_1^+-Zustands zu bestimmen, wurden folgende Annahmen gemacht:

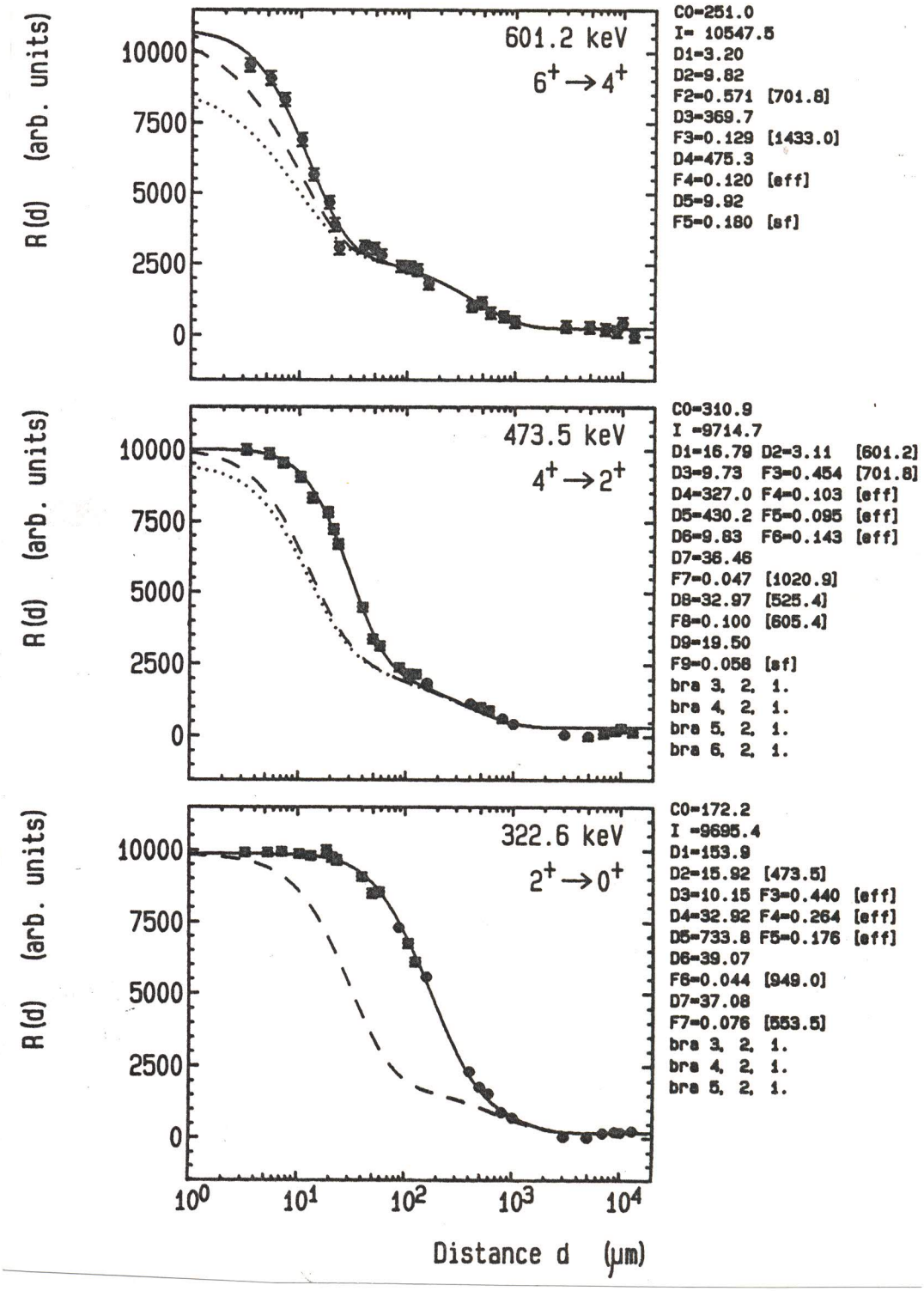


Abb. 3.14: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) der Grundzustandsbande (Bande „4"). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

- Der 6_1^+-Zustand wird gemäß [Loe84] und [Loe86] zu 57% bzw. 13% diskret vom 8_1^+ bzw. (7^-)-Zustand und über die 701.8 *keV* bzw. 1433 *keV* γ-Übergänge bevölkert. Anhand dieser Intensitäten und der effektiven Lebensdauern der 8_1^+- bzw. (7^-)-Zustände, die vorher durch einen 1-K-Fit an die entsprechenden exp. Zerfallskurven ermittelt wurden, wurde die jeweilige Bevölkerung mitberücksichtigt.

- Das diskrete Feeding vom (7^-)-Zustand bei 2495.6 *keV*, das hier nicht gemessen werden konnte, nimmt im Vergleich zu dem oben erwähnten langlebigen Teil der experimentellen Zerfallskurve des 6_1^+-Zustands wesentlich schneller ab. Da hier keine effektive Lebensdauer für den (7^-)-Zustand ermittelt werden konnte, wurde sein Feeding zum 6_1^+-Zustand mit dem Sidefeeding des 6_1^+-Zustandes zusammengefaßt. Daher wurde eine relative Sidefeeding-Intensität von insgesamt 18% angenommen.

- Ein zweiter unbekannter Feeder trägt zur langlebigen Komponente der experimentellen Zerfallskurve über einen fiktiven γ-Übergang mit einer relativen Intensität von 12% bei. Seine effektive Lebensdauer wurde beim Fit mit variiert. Es wurde keine starke Korrelation zwischen dieser effektiven Lebensdauer und der mittleren Lebensdauer des 6_1^+-Zustands festgestellt, so daß die in der Tabelle 3.2 zu sehende Änderung seiner mittleren Lebensdauer im wesentlichen auf die Variation seiner Sidefeeding-Zeit zurückzuführen ist.

Der entsprechende 5-K-Fit an die exp. Zerfallskurve des 6_1^+-Zustands ist in Abb. 3.14 zu sehen. Ein weiterer *effektiver* 5-K-Fit an diese Zerfallskurve diente dazu, die diskrete Bevölkerung des 4_1^+-Niveaus möglichst optimal zu beschreiben. Die relativen Intensitäten der dabei angenommenen Feeder wurden beim Fit der exp. Zerfallskurve des 4_1^+-Zustands auf das Verhältnis der in [Loe86] angegebenen Intensitäten der $6_1^+ \rightarrow 4_1^+$ und $4_1^+ \rightarrow 2_1^+$ γ-Übergänge normiert. Die diskreten γ-Übergänge aus den Banden „1“ und „2“ wurden beim zuletzt erwähnten Fit jeweils mit einer einzelnen exponentiellen Funktion simuliert. Da der 4_1^+-Zustand zu 93% diskret bevölkert wird, änderte sich seine mittlere Lebensdauer mit der angenommenen Sidefeeding-Zeit nur sehr wenig (siehe Tabelle 3.2).

Für der 2_1^+-Zustand, der nur diskret bevölkert wird, wurde aus seiner unter 160° zum Strahl ermittelten exp. Zerfallskurve eine mittlere Le-

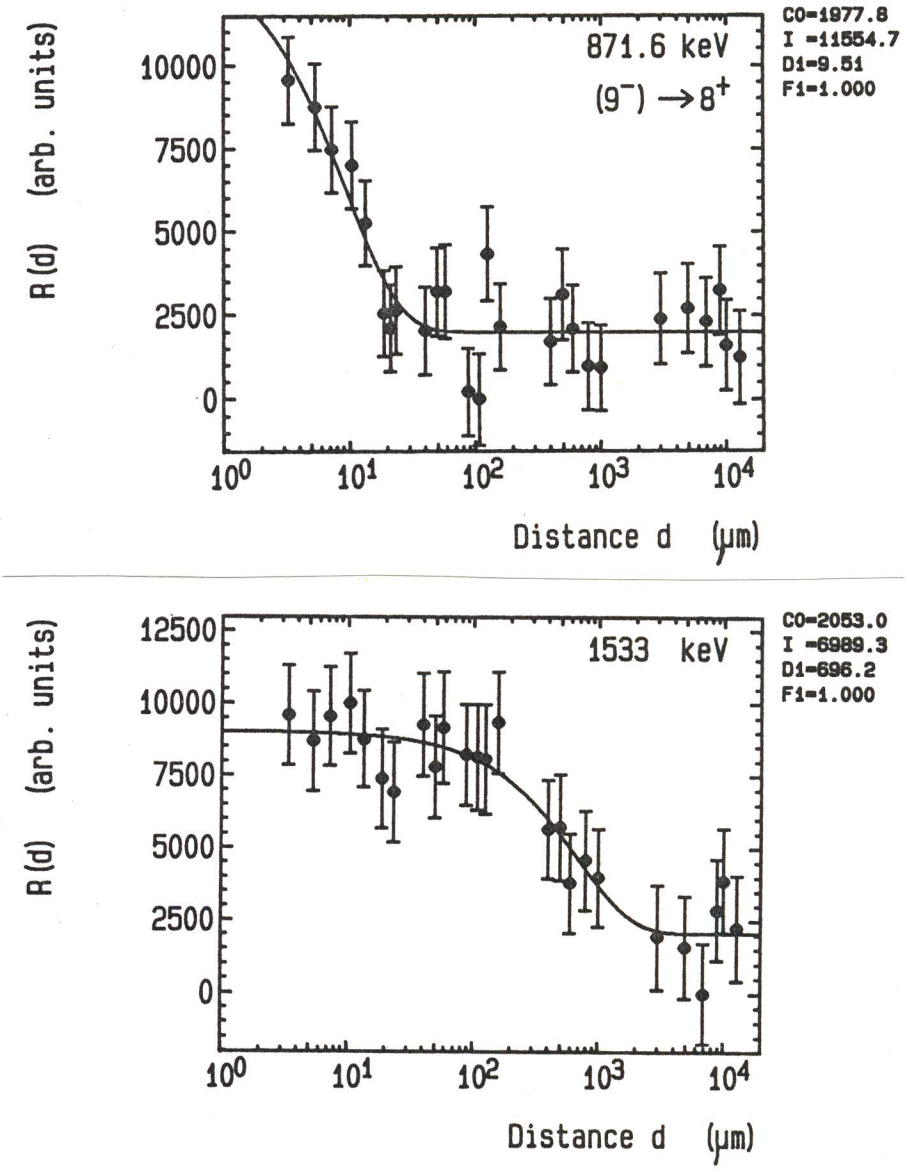


Abb. 3.15: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen. Oben: exp. Zerfallskurve (Kreise) des (9^-)-Zustands (Bande „5"). Unten: zeitlicher Verlauf eines im Termschema unplazierten und in Koinzidenz mit dem $6_1^+ \rightarrow 4_1^+$ γ-Übergang gemessenen [Loe84] Niveaus. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

bensdauer von 59(5) ps bestimmt. Seine exp. Zerfallskurve hingegen, die unter 0° gemessen wurde, lieferte aufgrund ihrer Kontamination aus dem Flugpeak des $(9^-) \rightarrow (7^-)$ Übergangs mit der Energie $E_0 = 319\ keV$ eine Lebensdauer von 63(3) ps. Die exp. Zerfallskurven und die dazugehörigen Fits der Zustände 4_1^+ und 2_1^+ finden sich in Abb. 3.14.

Die Banden '6' und '7'

Die Auswertung der experimentellen Zerfallskurven der Mitglieder dieser Banden wurden mit 1-K-Fits für die Zustände (12^-) und (11^-) bei 3956.6 keV bzw. 3648.5 keV begonnen.

Die Bestimmung der mittleren Lebensdauer des (10^-)-Zustands wurde dadurch erschwert, daß der $(10^-) \rightarrow (9^-)$ γ-Übergang gemäß der in [Loe86] gemessenen $\gamma\gamma$-Koinzidenzen durch Aktivierungslinie(n) kontaminiert ist. Daher war die Berechnung der relativen Intensitäten der den (10^-)-Zustand diskret bevölkernden γ-Übergänge nicht ohne zusätzliche Annahmen durchführbar. Es wurde davon Gebrauch gemacht, daß die Zustände (12^-), (11^-) und (9^-) dieser Banden mit fast gleichem Verzweigungsverhältnis über gemischte $(M1/E2)$ γ-Übergänge zerfallen. Infolgedessen wurde beim (10^-)-Zustand ein Mittelwert (=0.55) dieser Verzweigungsverhältnisse angenommen. Dieser Mittelwert wurde aus Konsistenzgründen auch beim Fit der experimentellen Zerfallskurve des (9^-)-Zustands benutzt.

Der (8^-)-Zustand wird nach [Loe86] nur diskret bevölkert, so daß die mittlere Lebensdauer dieses Zustandes ohne jegliche Hypothese über seine Sidefeeding-Zeit bestimmt werden konnte. Für den (7^-)-Zustand bei 2830.3 keV, der über einen γ-Übergang mit der Energie 1433 keV zum 6_1^+-Zustand zerfällt, konnte hier nur eine effektive Lebensdauer bestimmt werden. In Abb. 3.16, 3.17 und 3.18 werden experimentelle Zerfallskurven für alle Mitglieder dieser Banden gezeigt.

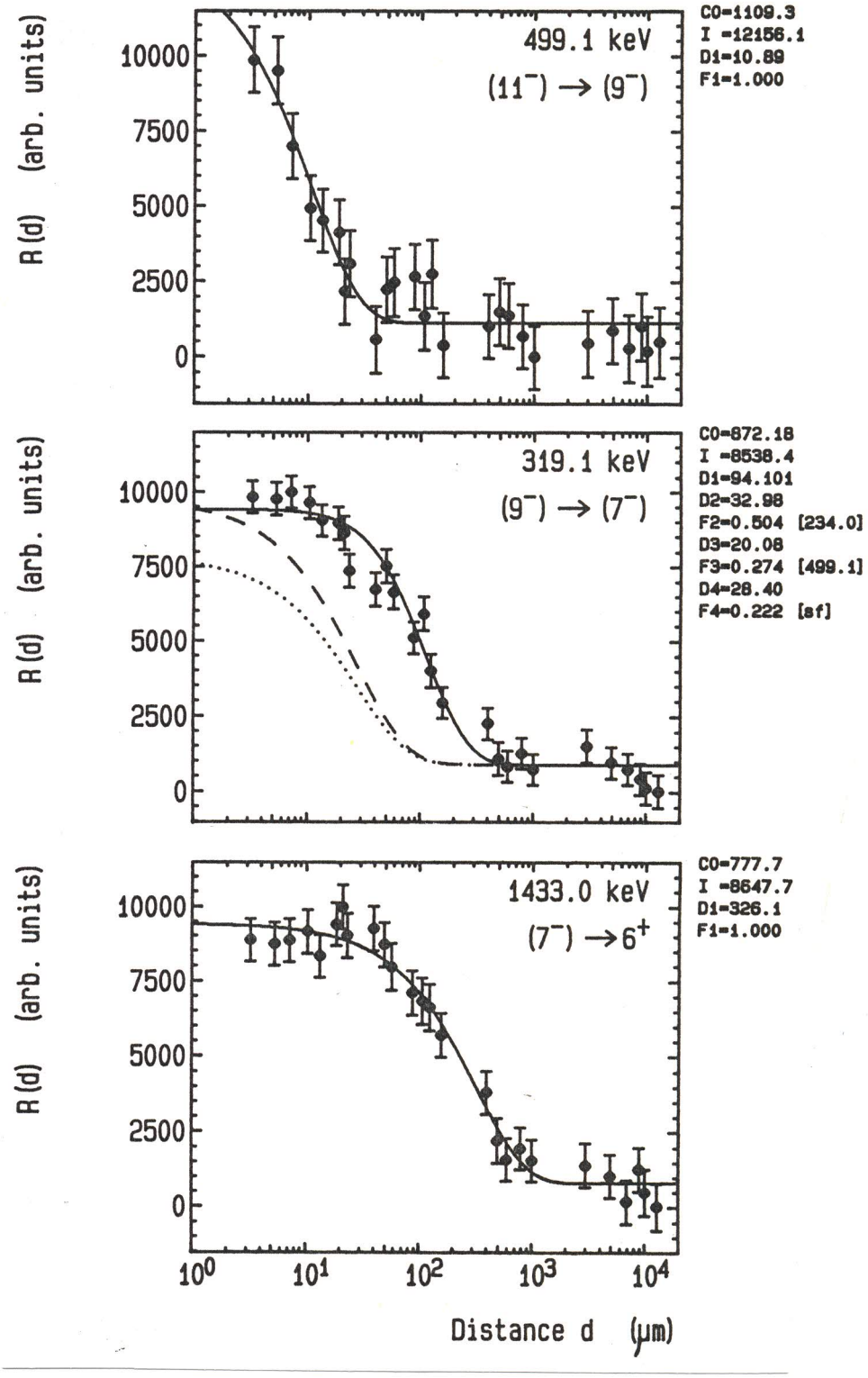


Abb. 3.16: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Mitgliedern der Bande '6'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

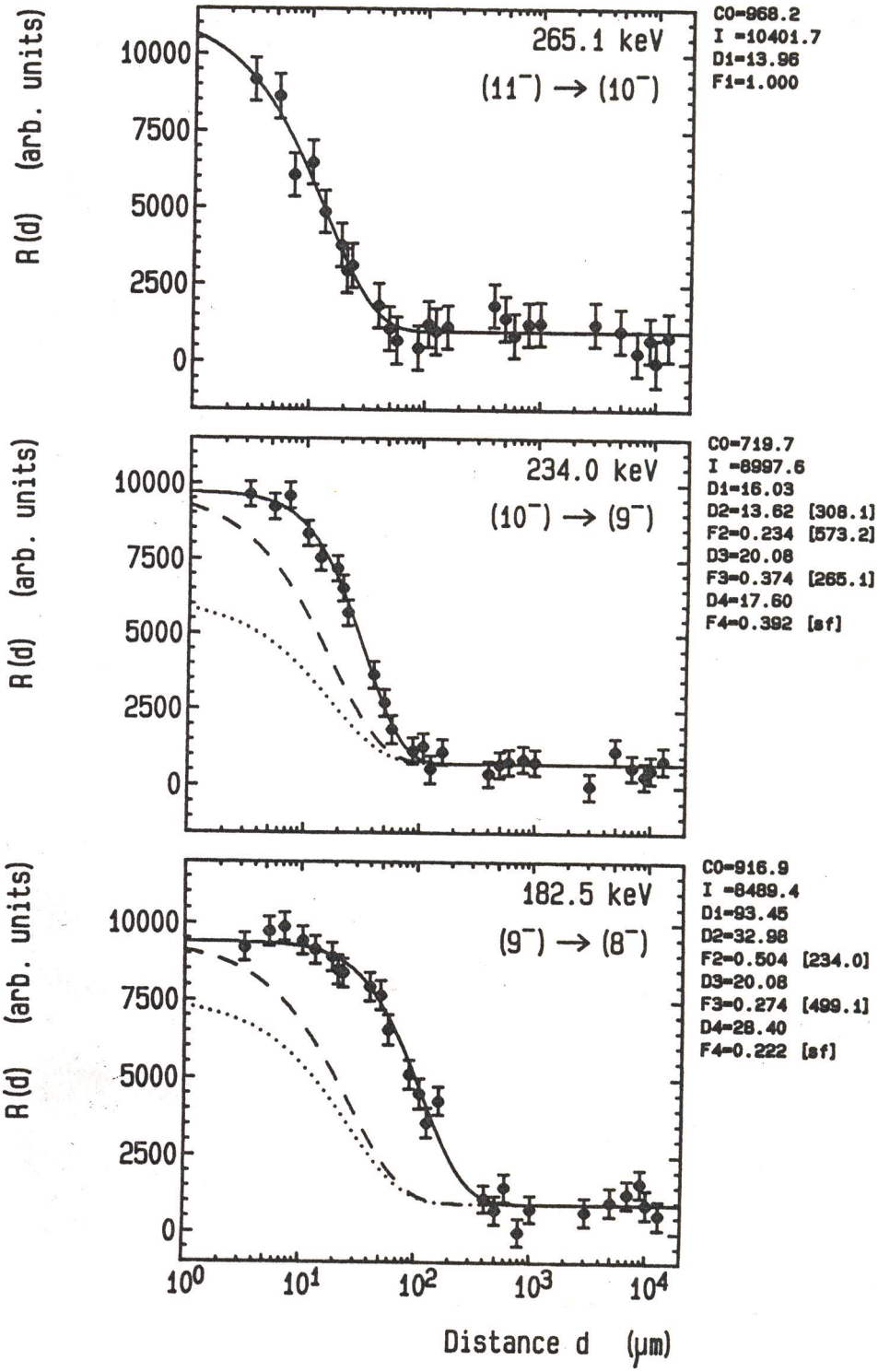


Abb. 3.17: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Mitgliedern der Banden „6" und „7". Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

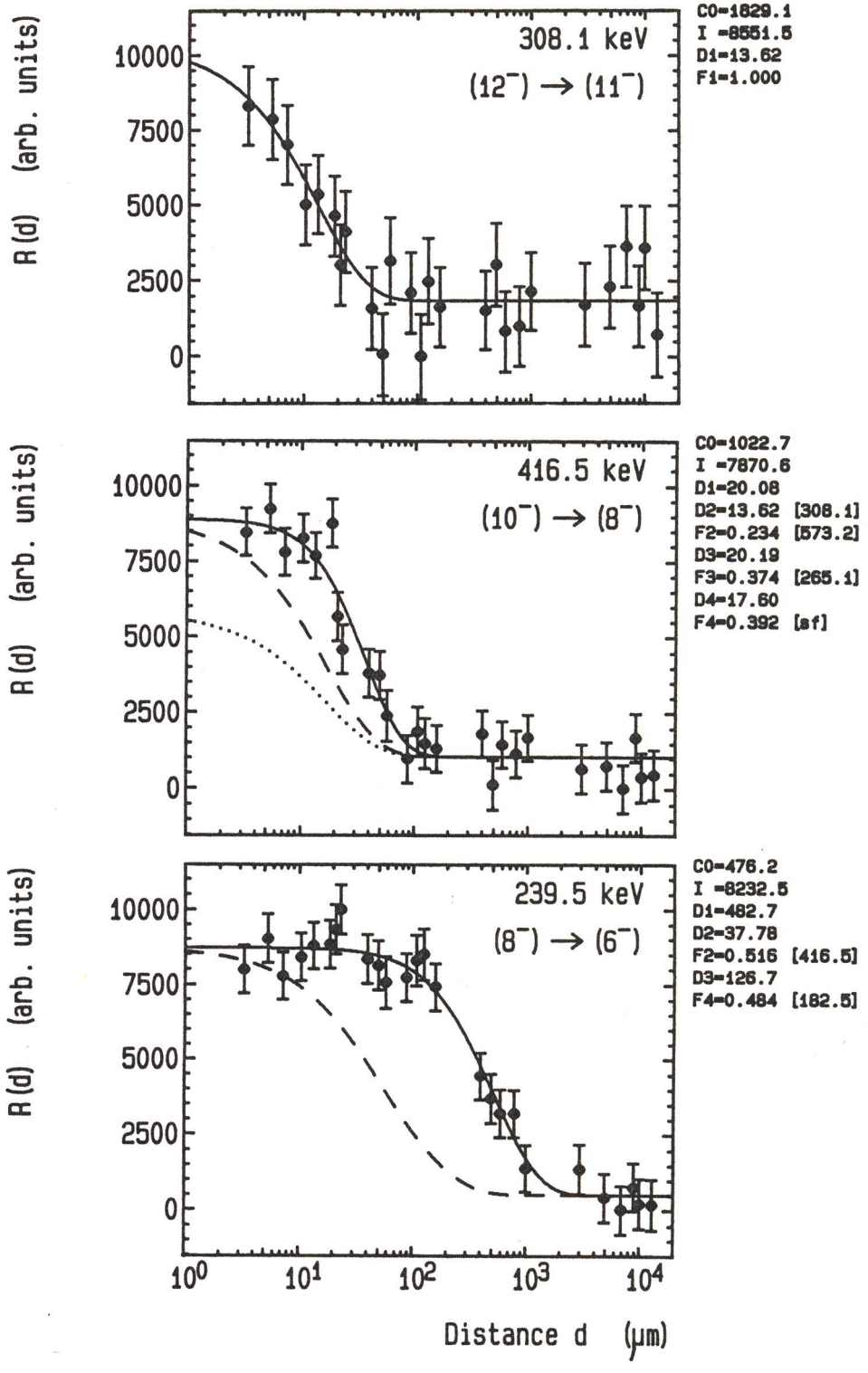


Abb. 3.18: *RDDS*-Messung in ^{120}Xe ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Mitgliedern der Bande „7". Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

Tab. 3.2: Ermittelte mittlere Lebensdauern τ in ^{120}Xe. F^{sf} gibt die (angenommene) relative Sidefeeding-Intensität des jeweiligen Zustands an. τ^e ist die effektive Lebensdauer des Niveaus. Unter (I) und (II) sind die mittleren Lebensdauern, die unter der Annahme einer Sidefeeding-Zeit τ^{sf}=0 ps bzw. τ^{sf}=2.8 ps ermittelt wurden, abzulesen. Unter (III) werden die mittleren Lebensdauern, die nach der Hypothese $\tau^{sf}=\tau^{df}$ bestimmt wurden, angegeben. τ^{df} ist die nach Gl. 3.15 ermittelte effektive Zeit des diskreten Feedings (dazu siehe auch Kapitel 3.2)

Zustand	I^π	F^{sf}	τ^e	τ (ps)			τ^{df}
(keV)	($\hbar$)	(%)	(ps)	(I)	(II)	(III)	(ps)
322.6	2^+	0(2)	105(3)	59(5)	59(5)	59(5)	8.3
796.1	4^+	5.8(23)	13.6(22)	7.0(5)	7.0(5)	6.7(5)	7.5
1397.3	6^+	18.0(74)	6.5(11)	1.8(5)	1.5(5)	1.2(5)	3.6
2099.1	8^+	27.7(26)	3.6(4)	1.1(4)	0.7(5)	0.5(6)	3.6
2872.6	10^+	52.4(32)	3.4(5)				
2970.7	(9^-)		3.7(13)				
876.1	2^+	13.8(37)	14.4(17)	4.4(17)	4.2(16)	3.0(14)	12.2
1271.6	3^+	38.5(55)	14.3(17)	6.4(17)	5.7(15)	2.4(14)	13.3
1401.5	4^+	57(5)	12.2(12)	7.7(13)	6.7(11)	2.5(10)	9.2
1817.0	5^+		13.3(21)				
1985.9	6^+		9.2(14))				
2830.3	(7^-)	0	131(16)				131
2966.9	(8^-)	0	242(27)	207(54)	207(57)	207(57)	29.7
3149.4	(9^-)	22.2(35)	48.2(27)	38.1(26)	37.8(26)	35.6(25)	10.9
3383.4	(10^-)	39(10)	13.3(6)	9.5(11)	8.8(10)	7.3(10)	6.3
3648.5	(11^-)		5.5(6)				
3956.6	(12^-)		5.3(19)				

3.5 RDDS-Messung an ^{128}Ba ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen

Zur Normierung der γ-Einzelspektren dieser Messung dienten die 136 keV und 301 keV γ-Linien aus der Coulomb-Anregung im Tantal-Stopper. Die hier – ebenfalls aus Differenzspektren – ermittelten exp. Zerfallskurven sind im Anhang tabelliert.

Bei der vorliegenden Auswertung wurden für die γ-Übergänge die relativen Intensitäten verwendet, die durch eine unabhängig durchgeführte Intensitätsmessung bestimmt und in [Sto85] veröffentlicht worden sind. Das Termschema des Kerns ^{128}Ba wurde von [Sch86a] übernommen. Die Nummerierung der darin enthaltenen Banden ist ebenfalls im Anhang zu sehen.

Die Banden '1' und '2'

Bei der Anpassung von $R(d)$-Kurven an die experimentellen Zerfallskurven der Zustände aus der Gamma-Bande gab es keine Komplikationen. Für die Zustände 5^+ und 10^+ bei 1931.2 keV bzw. 3345.8 keV wurden nur effektive Lebensdauern bestimmt; die Zerfallskurven ihrer bevölkernden γ-Übergänge konnten nicht gemessen werden.

In fast allen Fällen konnte man eine starke Abhängigkeit der resultierenden Lebensdauern von der angenommenen Sidefeeding–Zeit feststellen. Diese deutliche Abhängigkeit im Falle der 2^+- und 3^+-Zustände ist in Tabelle 3.3 zu sehen. Experimentelle Zerfallskurven aller hier ausgewerteten Zustände der Banden '1' und '2' werden in Abb. 3.19, 3.20 gezeigt.

Die Banden '3', '4' und '5'

Für die ersten beiden 12^+-Zustände bei 3988.3 keV und 4017.8 keV konnten nur effektive Lebensdauern ermittelt werden, da für die bevölkernden diskreten γ-Übergänge mangels Statistik keine Zerfallskurven bestimmt werden konnten.

Die experimentelle Zerfallskurve des 894 keV-Übergangs ($10_1^+ \rightarrow 8_1^+$) enthält eine relativ langlebige Komponente, die auch bei der Zerfallskurve des darunterliegenden $8_1^+ \rightarrow 6_1^+$ γ-Überganges zu sehen ist (zwischen 100 μm und 10 mm). Auf die Herkunft dieser Komponente konnte man

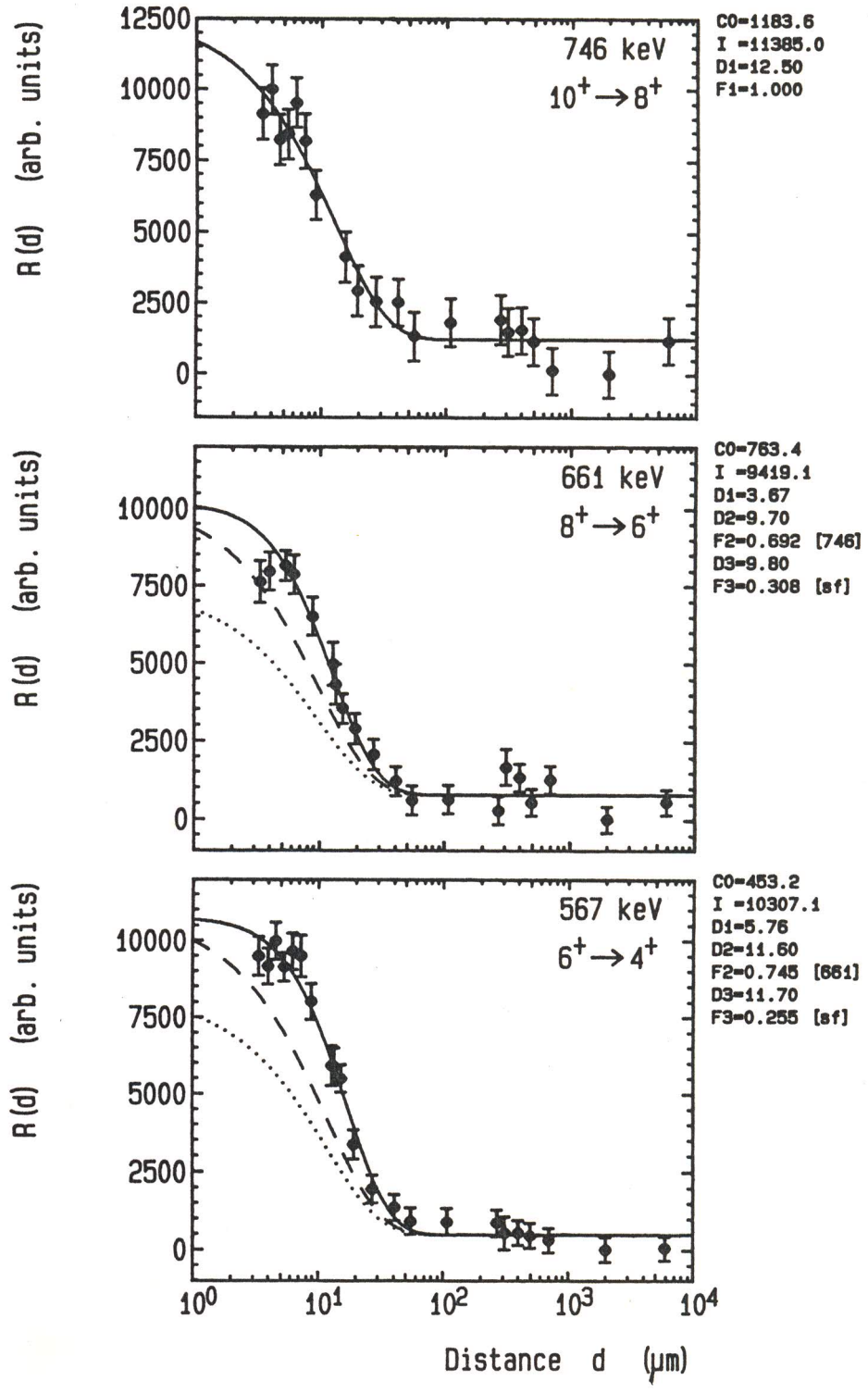


Abb. 3.19: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der γ-Bande (Bande „2"). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

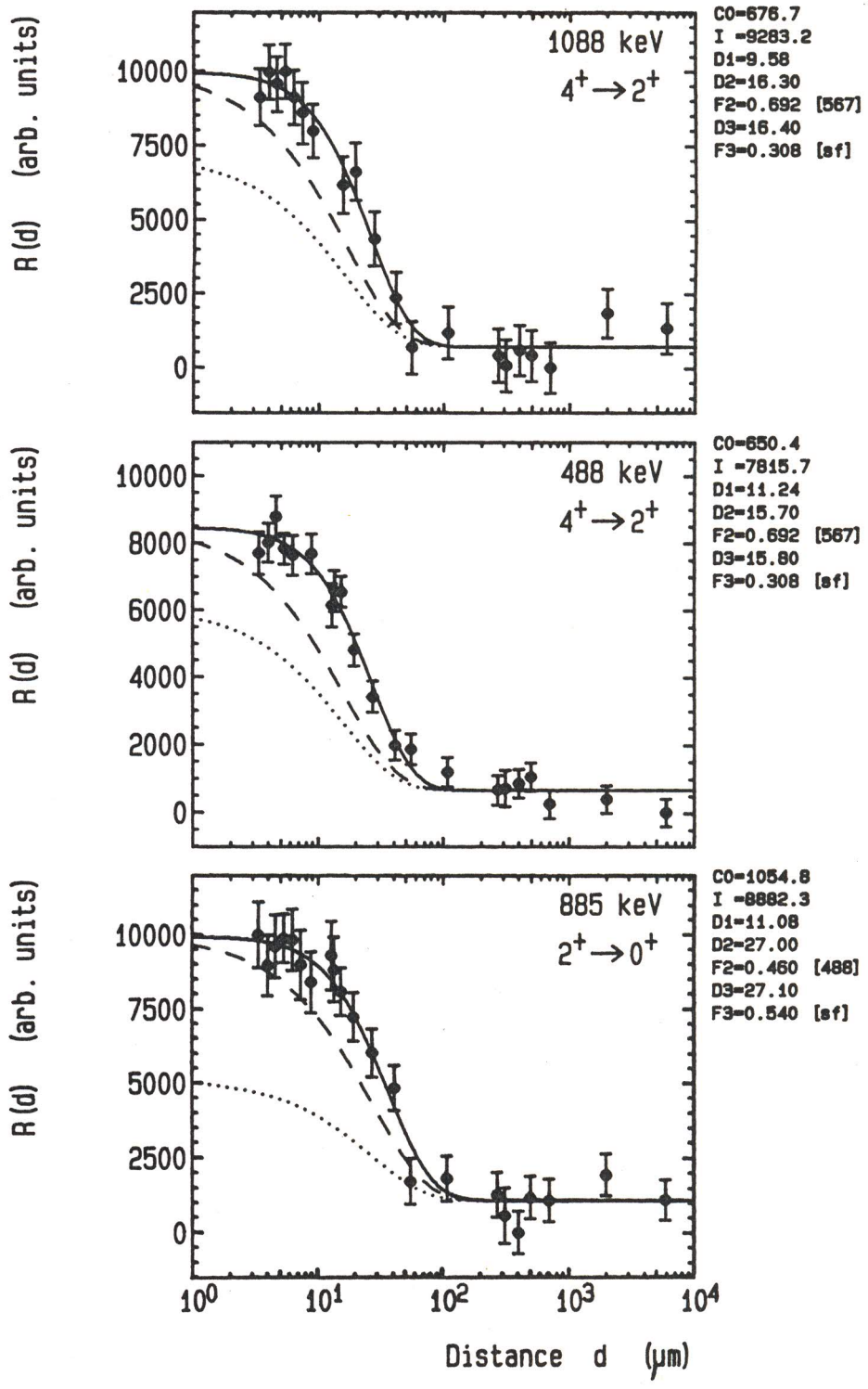


Abb. 3.20: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der γ-Bande (Bande „2"). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

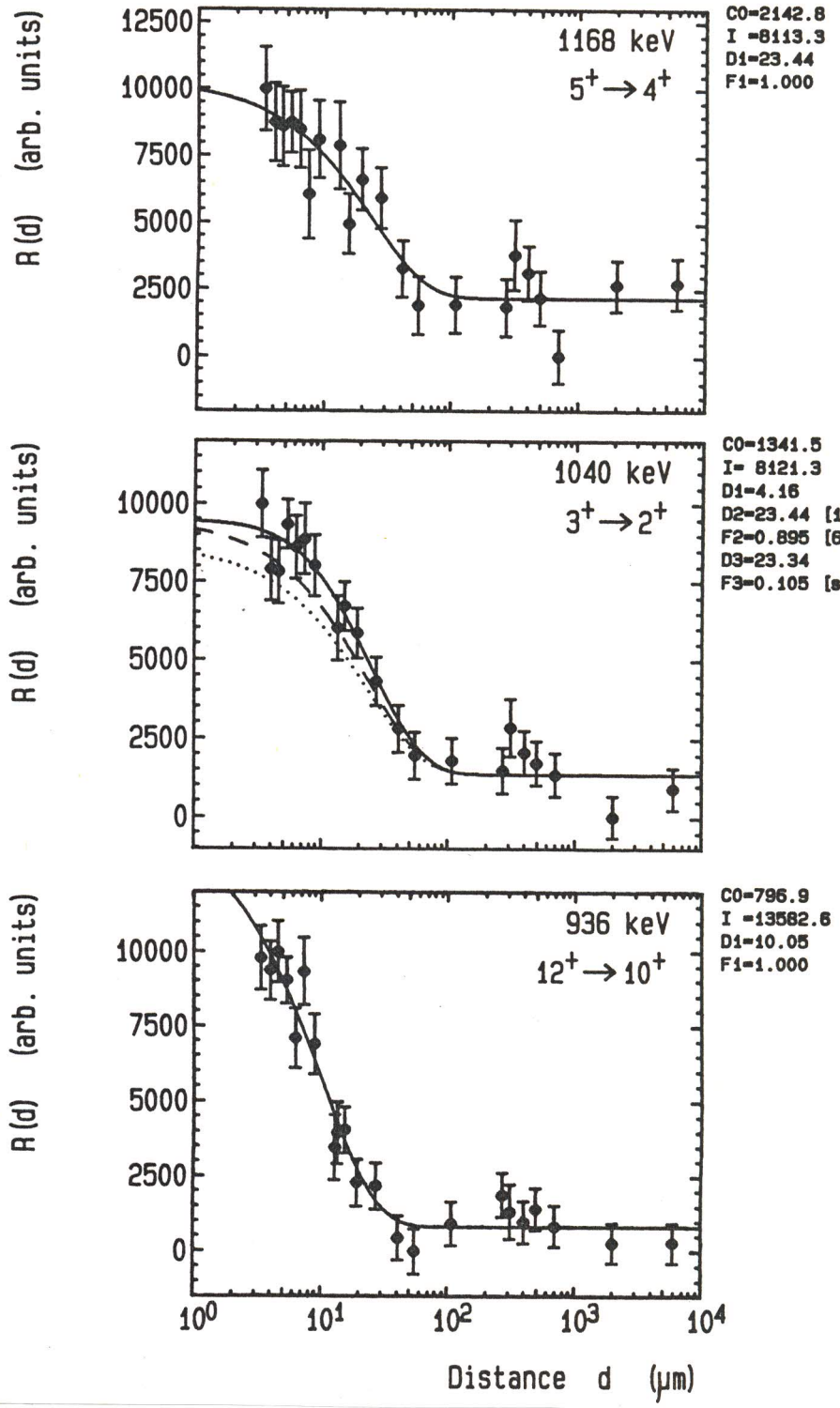


Abb. 3.21: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Die beiden oberen exp. Zerfallskurven (Kreise) gehören zu den Zuständen der γ-Bande (Bande „1"). Die dritte wurde für den 12_2^+-Zustand (Bande „3") gemessen. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

aufgrund der gemessenen Spektren und der schon existierenden Untersuchungen in ^{128}Ba allerdings nicht schließen. Zwei unabhängig durchgeführte Pulsungsmessungen [Sch86a, Har89] lieferten keine Information über die Existenz einer solchen langlebigen Komponente. Die bei 0^o gemessene Zerfallskurve des 12_1^+ Zustands ließ sich zwar durch eine kurze (τ^e=3.9 ps) und eine lange (τ^e=150 ps) Komponente sehr gut reproduzieren (siehe Abb. 3.21), aber die dabei angenommenen relativen Intensitäten konnten beim Fit der Zerfallskurve des $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ Übergangs nicht bestätigt werden. Um diese Zerfallskurve reproduzieren zu können, müßte man annehmen, daß die oben erwähnte lange Komponente direkt, und nicht über den $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergang das 10_1^+ Niveau füttert. Diese Annahme wurde gestützt von der der Auswertung der 160^o-Spektren, weil die hier gewonnene Zerfallskurve des $12_1^+ \rightarrow 10_1^+$ Übergangs keine langlebige Komponente enthielt.

Die Möglichkeit, daß diese Komponente der Zerfall des 12_3^+ Zustandes bei 4111.7 keV sein könnte, konnte anhand der gemessenen γ -Einzelspektren ausgeschlossen werden, da der $12_3^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergang schon beim Abstand d=3.4 μm einen Flugpeak aufweist, dessen Intensität bei allen gemessenen Abständen im Rahmen des statistischen Fehlers konstant blieb. Da der $10_3^+ \rightarrow 10_1^+$ γ-Übergang durch die 439.9 keV Linie aus der Reaktion $^{16}O(^{13}C, \alpha pn)^{23}Na$ kontaminiert ist und zusätzlich die Statistik es nicht erlaubt, eine Zerfallskurve für den $10_3^+ \rightarrow 8_1^+$ Übergang zu bestimmen, konnte nicht ausgeschlossen werden, daß die langlebige Komponente aus dem 10_3^+-Niveau stammt.

Bei der Anpassung einer $R(d)$-Funktion an die Datenpunkte des Übergangs $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ wurde zunächst angenommen, daß die Population des 10_1^+ Zustandes durch vier Feeder erfolgt. Einer davon simulierte den Zerfall eines langlebigen Niveaus mit einer relativen Intensität von 10%. Der Einfluß des Zerfalls des 12_1^+- bzw. 12_2^+-Zustands wurde effektiv mittels zweier weiterer Feeder mit 32.4(22)% bzw. 24.7(16)% relativer Intensität beschrieben. Der Rest der Intensität wurde als Sidefeeding angenommen. Zusätzliche Fits wurden entsprechend der oben erwähnten Problematik über die Population des 10_1^+-Zustands durchgeführt. Die Resultate aus diesen Fits wichen jedoch bei gegebener Sidefeeding–Hypothese weder voneinander noch vom Ergebnis der ersten Anpassung einer $R(d)$ -Funktion mit fünf Komponenten ab.

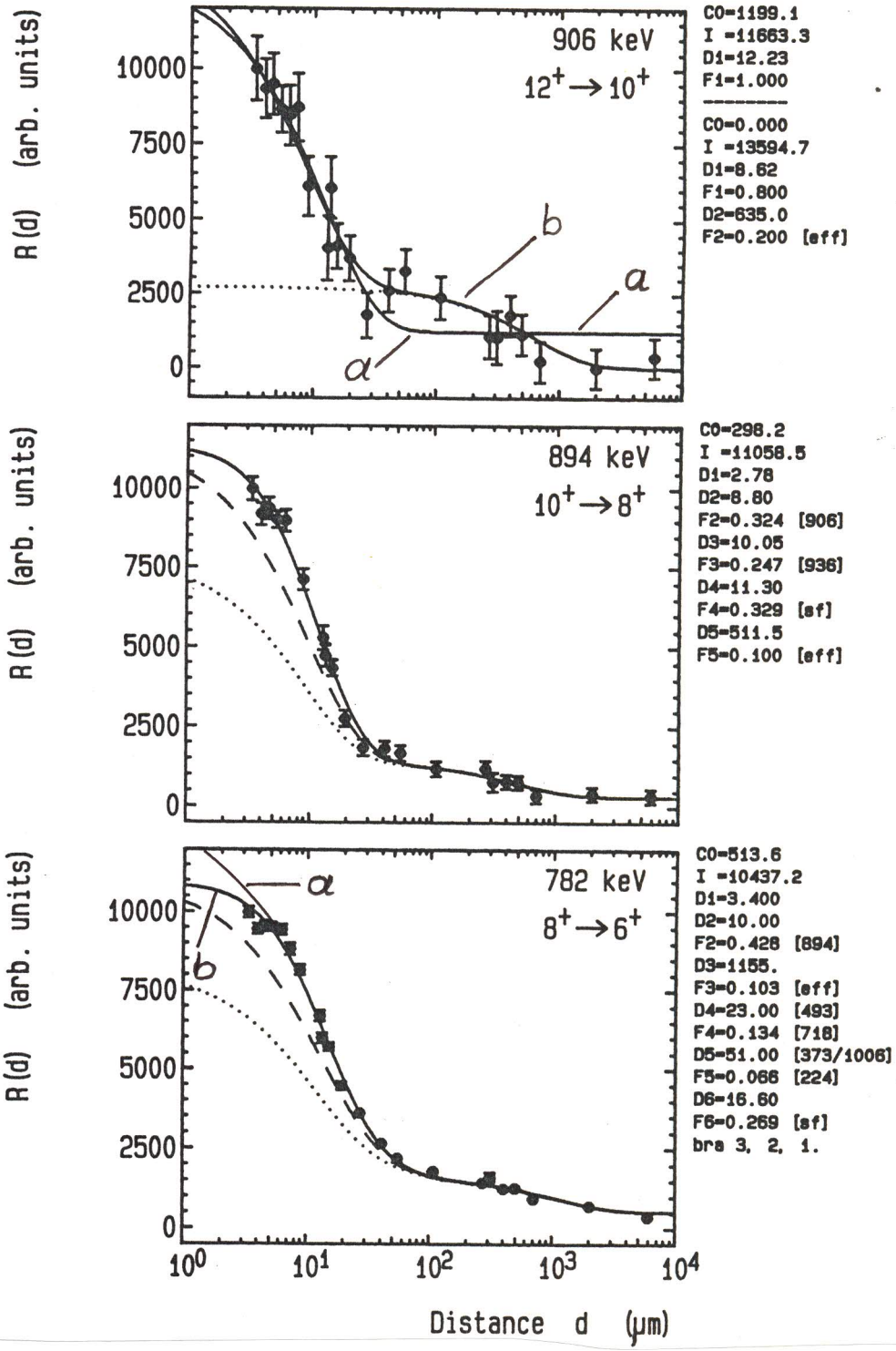


Abb. 3.22: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Yrast-Bande (Banden '4' und '5'). Im Falle des 906 keV Übergangs entspricht die durchgezogene Linie 'a' einem 1-K-Fit. Die Kurve 'b' hingegen ist ein 2-K-Fit, bei dem eine langlebige Komponente (gepunktete Kurve) angenommen wurde. Im Falle des 782 keV Übergangs entspricht die durchgezogene Linie 'a' einem unter der Annahme eines prompten Sidefeedings durchgeführten 6-K-Fits. Bei der durchgezogenen Linie 'b' wurde eine Sidefeeding-Zeit τ^{sf}=4.3 ps angenommen. Für die restlichen Kurven, die in Abb. 3.22 gezeigt werden, gelten die Erläuterungen aus Abb. 3.11.

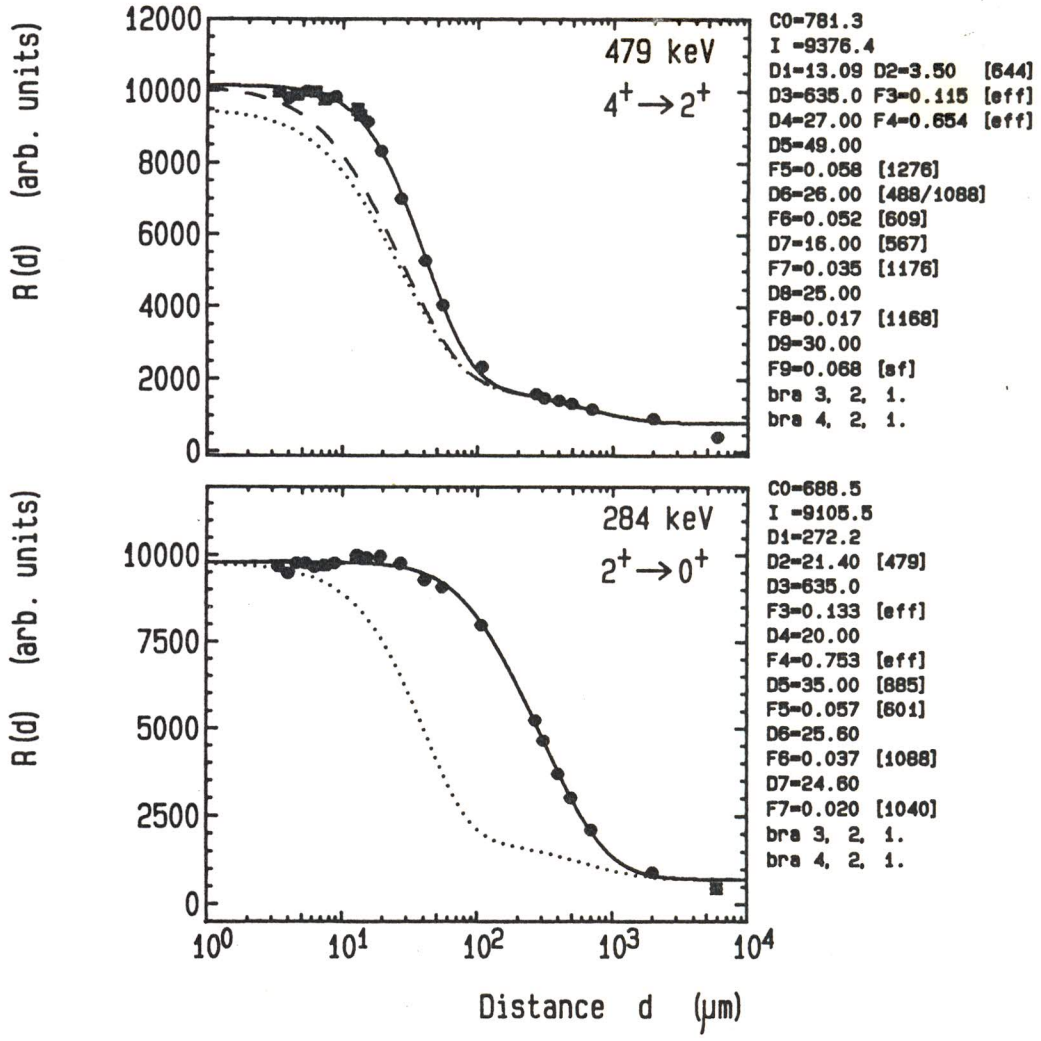


Abb. 3.23: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Grundzustandsbande (Bande '4'). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

Ähnlich war die Situation bei der Anpassung von $R(d)$-Funktionen an die Zerfallskurven des 8_1^+-Zustands. Die zur Beschreibung seiner langlebigen Komponente angenommene effektive Zeit war für eine zufriedenstellende Reproduktion der Daten bis zum Abstand d=100 μm irrelevant. Entscheidend dabei war die angenommene Sidefeeding–Zeit. Die zur Reproduktion der langlebigen Komponente benötigte relative Intensität ist zwar innerhalb ihres statistischen Fehlers konsistent mit der verwendeten

Annahme, daß ein langsamer Feeder den 8_1^+ Zustand über den $10_1^+ \rightarrow 8_1^+$ γ-Übergang bevölkert, es konnte jedoch nicht ausgeschlossen werden, daß eine weitere direkte Fütterung existiert.

Für den 6_1^+-Zustand konnte anhand der von [Sto85] gemessenen relativen Intensitäten und der hier ermittelten effektiven Lebensdauern seiner bevölkernden Feeder kein stabiler Fit erhalten werden.

Zur Bestimmung der experimentellen Zerfallskurven des $2_1^+ \rightarrow 0_1^+$ Übergangs wurden nur die bei 0^o aufgenommenen Einzelspektren benutzt, da bei 160^o die entsprechenden Stop- und Flugpeaks nicht ausreichend getrennt waren.

Experimentelle Zerfallskurven für die hier ausgewerteten Niveaus der Banden '4' und '5' werden in den Abb. 3.22 und 3.23 gezeigt. Die exp. Zerfallskurve des 12_2^+-Zustands (Bande '3') findet sich in Abb. 3.21.

Die Banden '6' und '7'

Bei der Bestimmung der Lebensdauern der Niveaus in den Banden „6" und „7" wurde wie üblich von oben nach unten vorgegangen, angefangen mit 1-K-Fits für den (13^-)– bzw. (12^-)–Zustand. Bei der Auswertung des $(11^-) \rightarrow 9^-$ Übergangs ergaben sich Probleme, da dieser ein Dublett ist. Die gemessene Zerfallskurve setzt sich zusammen aus den Zerfallskurven des $(11^-) \rightarrow 9^-$ und des $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ Übergangs. Da aber für den 2_2^+-Zustand eine effektive Lebensdauer über den $2_2^+ \rightarrow 0_1^+$ Übergang bestimmt werden konnte und die relativen Intensitäten der $(11^-) \rightarrow 9^-$ und $2_2^+ \rightarrow 2_1^+$ Übergänge bei 55^o bekannt waren, konnte die gemessene Stoppeak–Intensität des oben erwähnten Dubletts in zwei Zerfallskurven zerlegt werden. Dazu war es notwendig, auf die 55^o-Spektren zurückzugreifen. Man erhielt dabei große Fehler, die auf die Ungenauigkeit sowohl der oben erwähnten Intensität bei 55^o als auch der effektiven Lebensdauer des 2_2^+-Niveaus zurückzuführen sind. Dieses Problem machte sich darüberhinaus bei der Auswertung des darunterliegenden 9^--Zustandes bemerkbar. Man erhielt trotz der guten Statistik somit auch bei der Bestimmung seiner Lebensdauer große Fehler.

Da für den $(8-)$-Zustand Verdacht auf Kontamination seines unter 0^o gemessenen Stoppeaks durch Flugpeaks unbekannter Herkunft bestand, wurde nur eine exp. Zerfallskurve aus den 160^o-Spektren ermittelt. Exp. Zerfallskurven aller ausgewerteten Zustände der Banden '6' und '7' finden

sich in Abb. 3.24, 3.25 und 3.26.

Tab. 3.3: Ermittelte mittlere Lebensdauern τ in ^{128}Ba. F^{sf} gibt die (angenommene) relative Sidefeeding-Intensität des jeweiligen Zustands an. τ^e ist die effektive Lebensdauer des Niveaus. Unter (I) und (II) sind die mittleren Lebensdauern, die unter der Annahme einer Sidefeeding-Zeit τ^{sf}=0 ps bzw. τ^{sf}=2.8 ps ermittelt wurden, abzulesen. Unter (III) werden die mittleren Lebensdauern, die nach der Hypothese $\tau^{sf}=\tau^{df}$ bestimmt wurden, angegeben. τ^{df} ist die nach Gl. 3.15 ermittelte effektive Zeit des diskreten Feedings (siehe dazu auch Kapitel 3.2)

Zustand	I^π	F^{sf}	τ^e	τ (ps)			τ^{df}
(keV)	($\hbar$)	(%)	(ps)	(I)	(II)	(III)	(ps)
284.0	2^+	0	159(10)	125(12)	125(12)	125(12)	
763.2	4^+	6.3(24)	20.9(7)	7.3(6)	7.1(6)	6.4(6)	13.9
1406.9	6^+	10.3(22)					
2188.5	8^+	26.9(32)	7.2(4)	3.3(9)	2.2(9)	1.5(9)	7.6
3082.3	10^+	32.9(64)	5.1(6)	2.6(8)	1.6(8)	1.4(8)	4.8
3988.3	12^+		4.4(8)				
4017.8	12^+		4.9(7)				
884.5	2^+	54(20)	15.5(19)	10.0(19)	7.8(19)	4.3(21)	11.9
1372.3	4^+	30.8(27)	11.9(10)	6.9(12)	5.8(12)	4.9(12)	7.3
1939.4	6^+	25.5(29)	7.3(7)	4.0(8)	3.2(8)	3.0(8)	5.1
2600.3	8^+	30.8(23)	5.1(5)	2.6(9)	1.8(9)	1.5(9)	4.5
3345.8	10^+		4.5(8)				
1324.4	3^+		10.7(17)	2.8(17)	2.4(17)	1.9(16)	10.8
1931.2	5^+		10.8(31)				
2039.4	5^-	41.1(48)	22.5(23)	10.5(30)	8.9(30)	1.6(30)	22.3
2412.8	7^-	21.2(20)	23.5(9)	9.8(7)	9.0(7)	5.7(7)	24.1
2860.7	(8^-)	15.0(31)	58.3(91)	44(11)	42(11)	41(10)	10.6
2906.2	9^-	32.5(16)	11.0(6)	5.8(8)	4.7(8)	3.6(8)	7.9
3334.3	(10^-)	38.3(53)	10.1(8)	6.4(9)	5.0(9)	4.6(8)	5.9
3506.7	(11^-)	39(17)	7.1(18)	4.4(16)	3.4(16)	3.0(14)	4.5
3985.2	(12^-)		5.9(15)				
4218.2	(13^-)		4.5(13)				

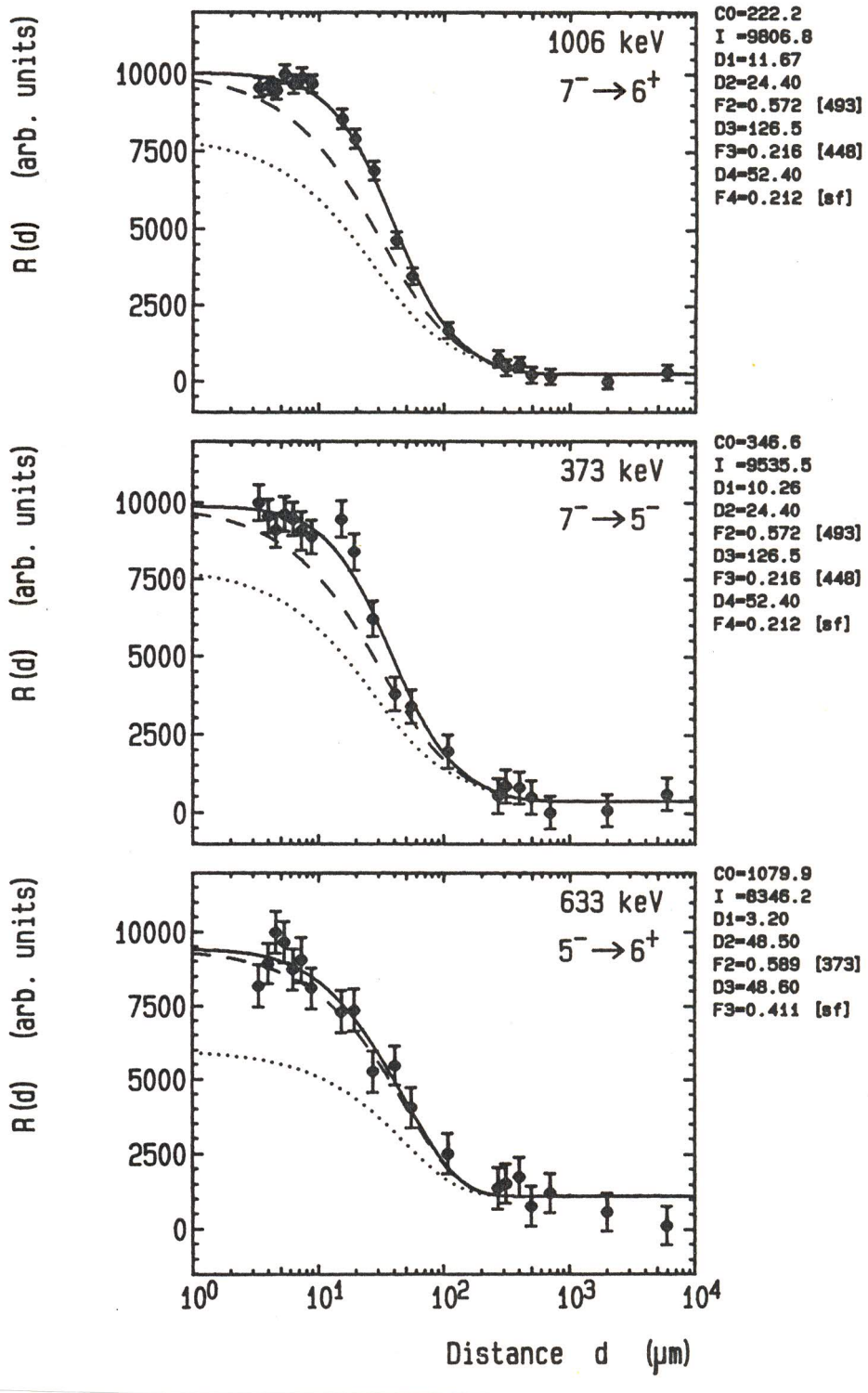


Abb. 3.24: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Bande '6'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

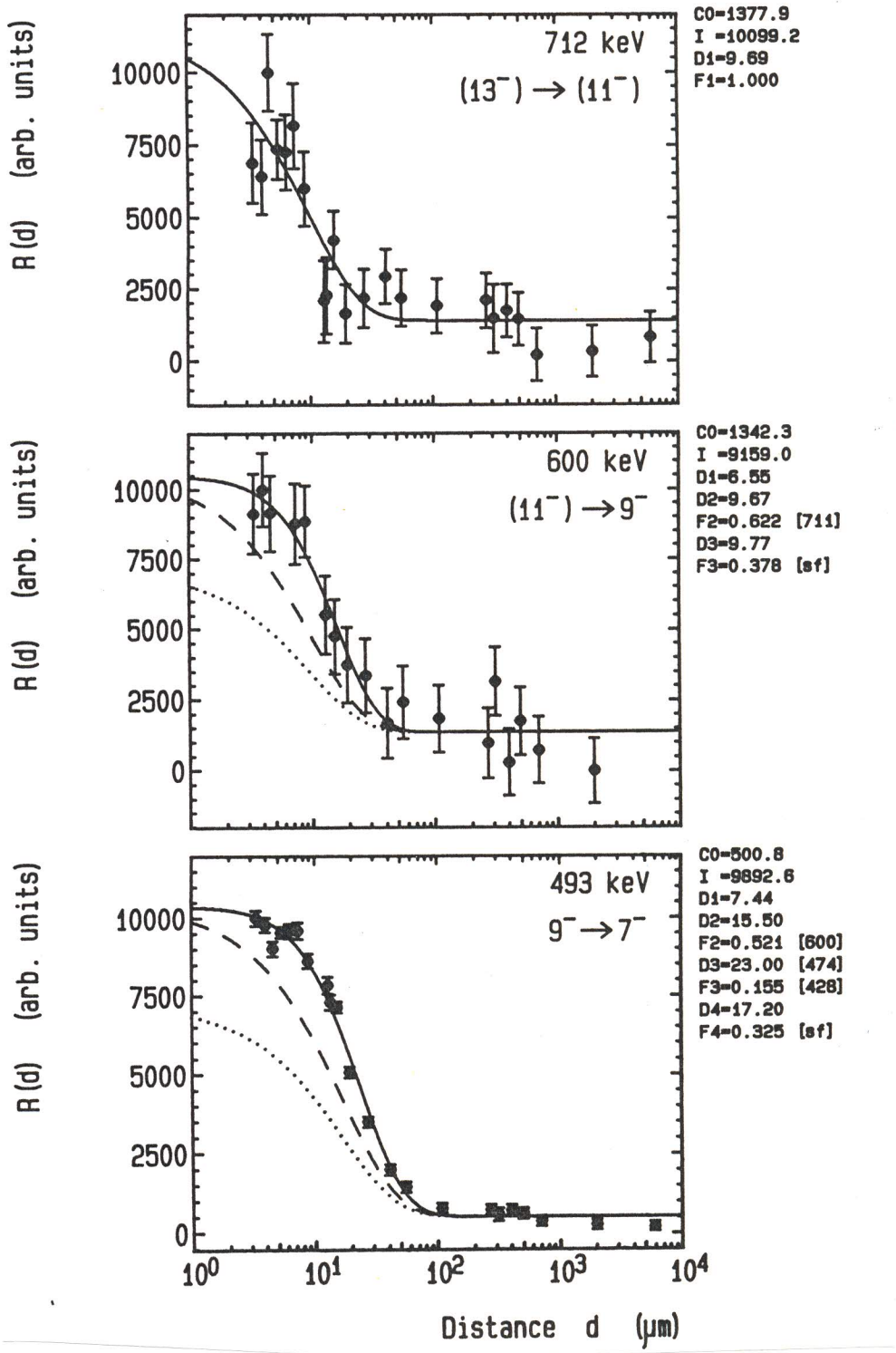


Abb. 3.25: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Bande '6'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

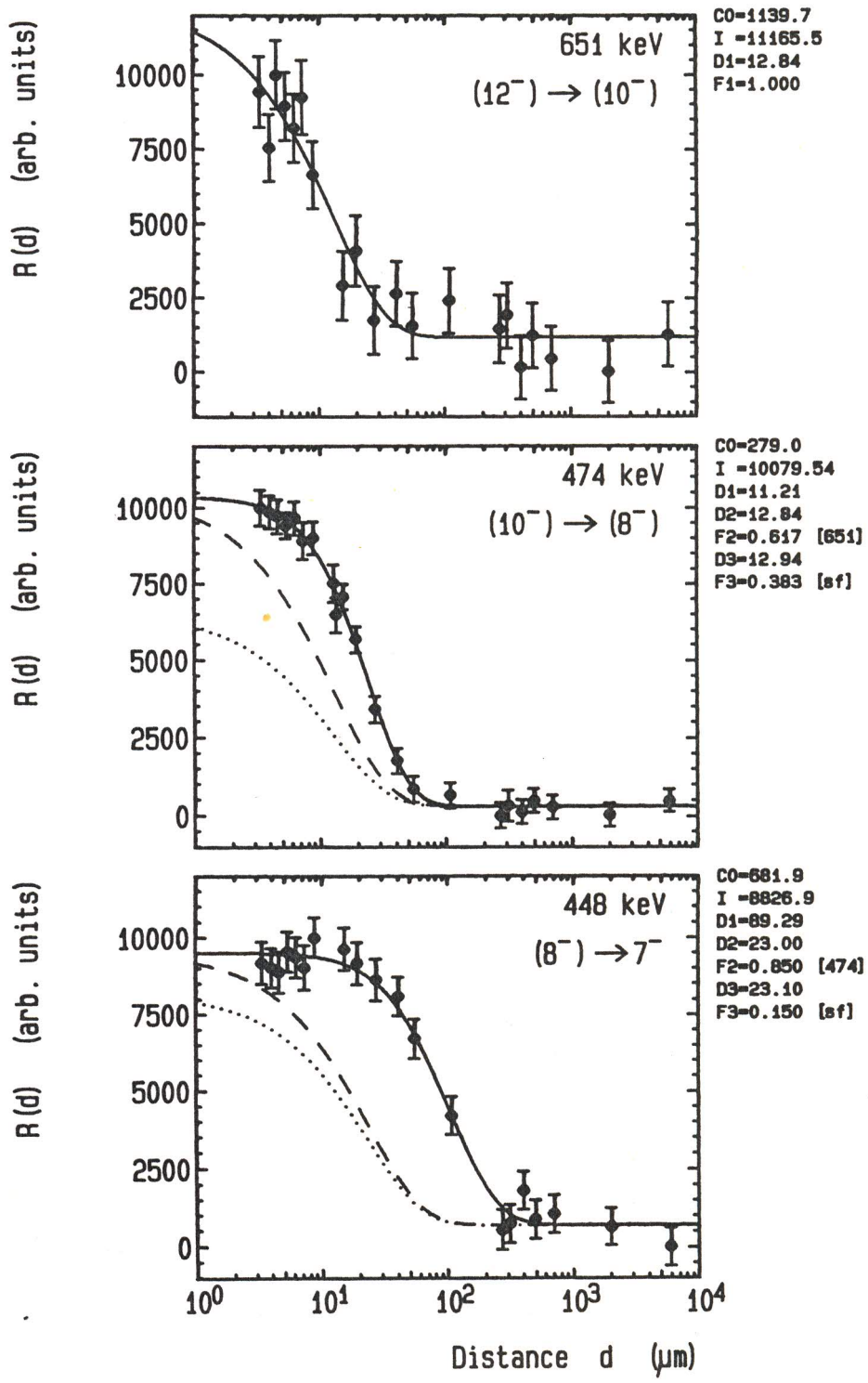


Abb. 3.26: *RDDS*-Messung in ^{128}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Bande '7'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

3.6 RDDS-Messung an ^{130}Ba ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen

Wie im Falle des ^{128}Ba wurden auch hier die 136 keV und 301 keV γ - Linien aus der Coulomb-Anregung im Tantal-Stopper dazu benutzt, die aufgenommenen γ-Einzelspektren zu normieren.

Die im Anhang angegeben relative Intensitäten von γ-Übergängen des Kerns ^{130}Ba ergaben sich aus einer Intensitätsmessung, die am Ende der Plunger-Messung durchgeführt wurde. Das Termschema von ^{130}Ba wurde von [Sun85] übernommen. Die Nummerierung der darin enthaltenen Banden ist ebenfalls im Anhang zu sehen.

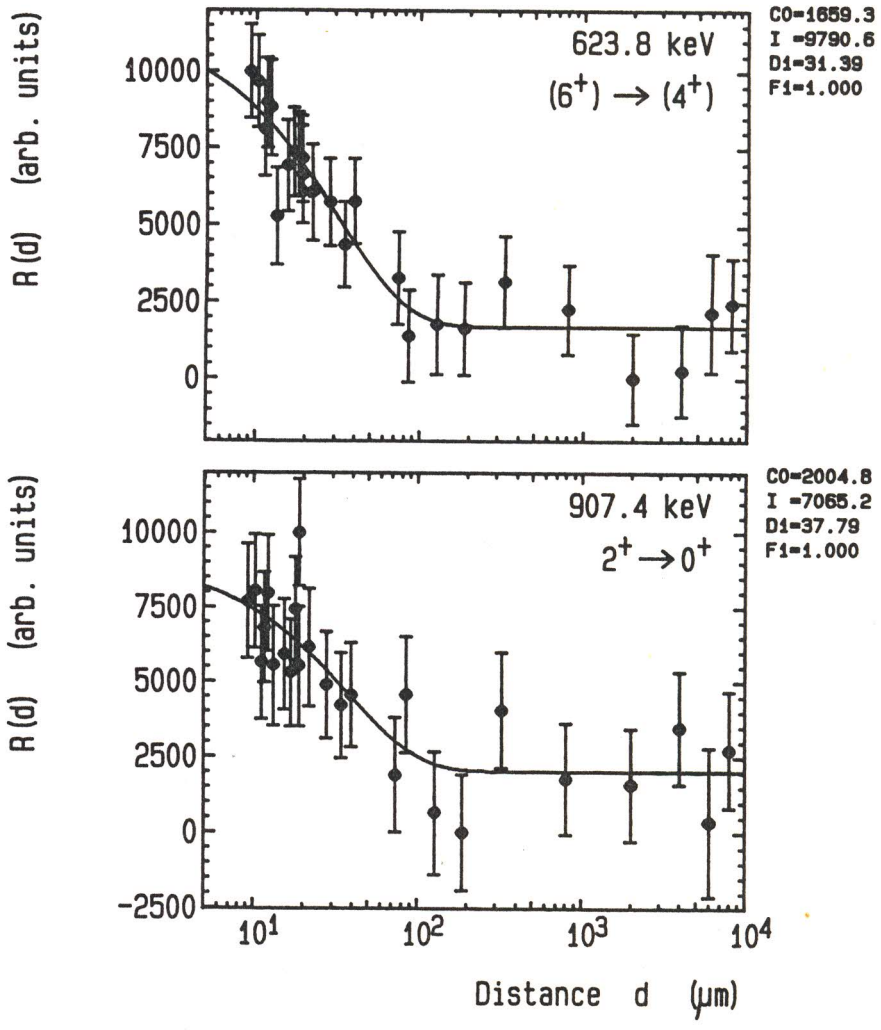


Abb. 3.27: *RDDS*-Messung in ^{130}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der γ-Bande (Banden '1' und '2'). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

Die Banden '1' und '2'

Da bei dieser Messung die Mitglieder der Banden '1' und '2' nur schwach bevölkert wurden, konnte man nicht für alle Zustände eine Zerfallskurve bestimmen. Die gemessenen Intensitäten hatten darüberhinaus große Fehler (siehe Abb. 3.27), so daß Mehr–Komponenten–Fits von vorneherein kaum sinnvoll waren.

Die Banden '3', '4' und '5'

Die Anpassung von $R(d)$-Kurven für die Mitglieder der Banden '3', '4' und '5' fing an mit effektiven 1-K-Fits an die experimentellen Zerfallskurven der Zustände bei 3789.4 keV [(10_4^+), Bande '3'], 4255.8 keV [(12_3^+), Bande '3'], 3422.6 keV [10_2^+, Bande '5'] und 3989.3 keV [12_1^+, Bande '5'].

Da für den 12_2^+-Zustand (Bande '4') bei 4222 keV mangels Statistik keine Zerfallskurve gemessen werden konnte, wurde bei der Auswertung des 10_1^+-Zustandes bei 3259.6 keV eine relative Sidefeeding–Intensität von 34.3(47)% angenommen. Diese Zahl enthält nicht nur die bei 55° fehlende relative Intensität [14.8(22)%] bei der Bevölkerung des 10_1^+-Niveaus sondern auch seiner Population aus dem 12_2^+-Zustand.

Entsprechende Annahmen wurden darüberhinaus in all den Fällen gemacht, bei denen die Zerfallskurven von bekannten diskret bevölkernden γ-Übergängen nicht gemessen werden konnten. Für einen gegebenen Zustand wurde die relative Intensität solcher Feeder mit der 'tatsächlich' fehlenden Populationsintensität zusammengefaßt und als Sidefeeding des betreffenden Zustandes behandelt. So ist im Falle des 8_1^+-Zustandes der 1207.4 keV γ-Übergang $(10_3^+) \rightarrow 8_1^+$) ein solcher Feeder.

Neben diesen Annahmen wurde bei der Analyse der experimentellen Zerfallskurve des $6_1^+ \rightarrow 4_1^+$ Übergangs eine weitere Annahme gemacht. Da diese Zerfallskurve mittels 'Differenzspektren' bestimmt wurde, enthält sie keine Komponente, die dem Zerfall des (8^-)-Isomers bei 2474.8 keV zuzuordnen ist. Deswegen mußten die zum Fit der Daten notwendigen relativen Intensitäten aller bekannten populierenden Feeder umgerechnet werden. Davon wurde auch bei der Bestimmung der Lebensdauer der tiefer liegenden 4_1^+ und 2_1^+-Zustände Gebrauch gemacht.

Exp. Zerfallskurven aller hier ausgewerteten Zuständen der Banden '3', '4' und '5' werden in Abb. 3.28, 3.29 und 3.30 gezeigt.

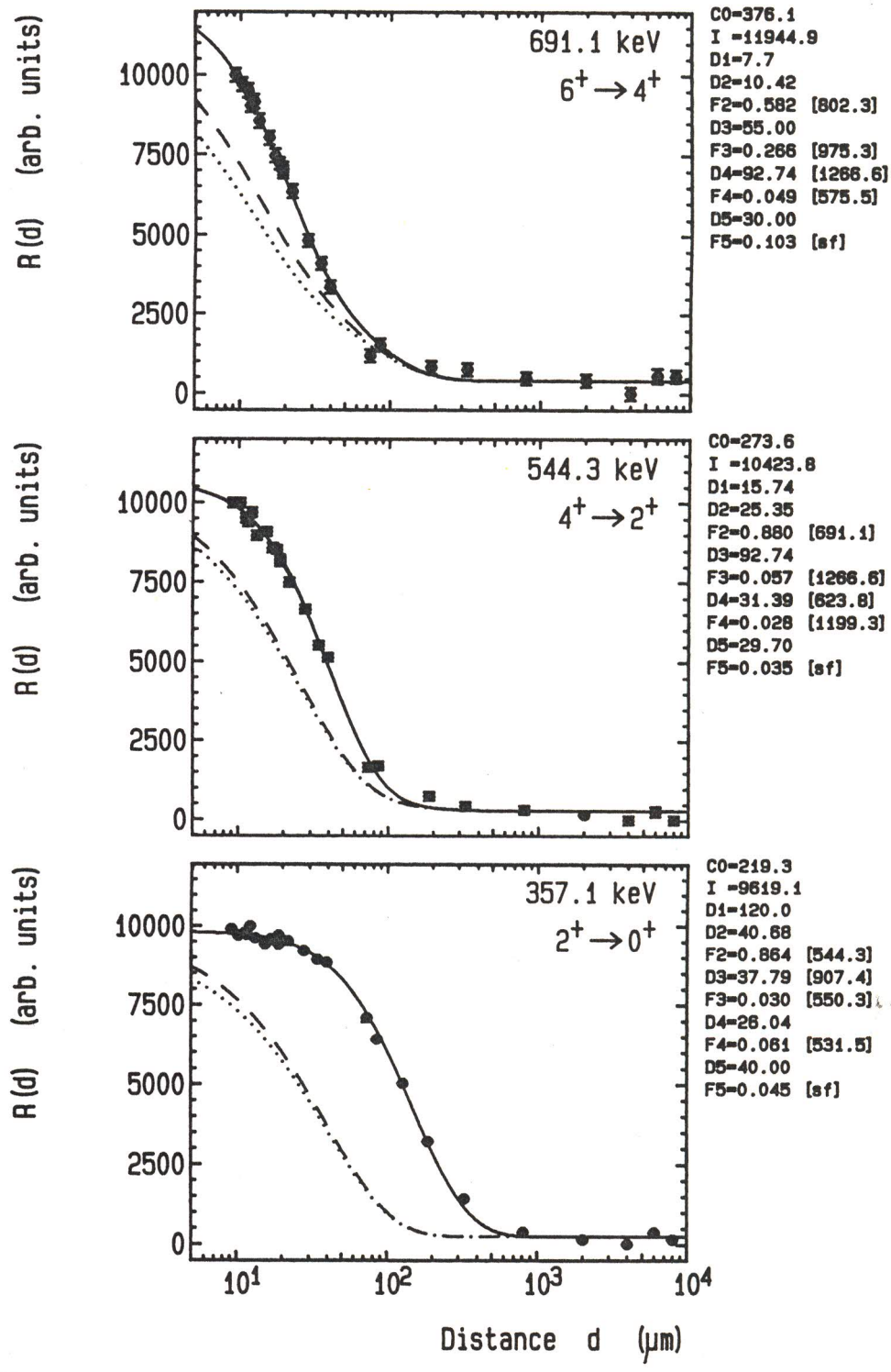


Abb. 3.28: *RDDS*-Messung in ^{130}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Grundzustandsbande (Bande '4'). Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

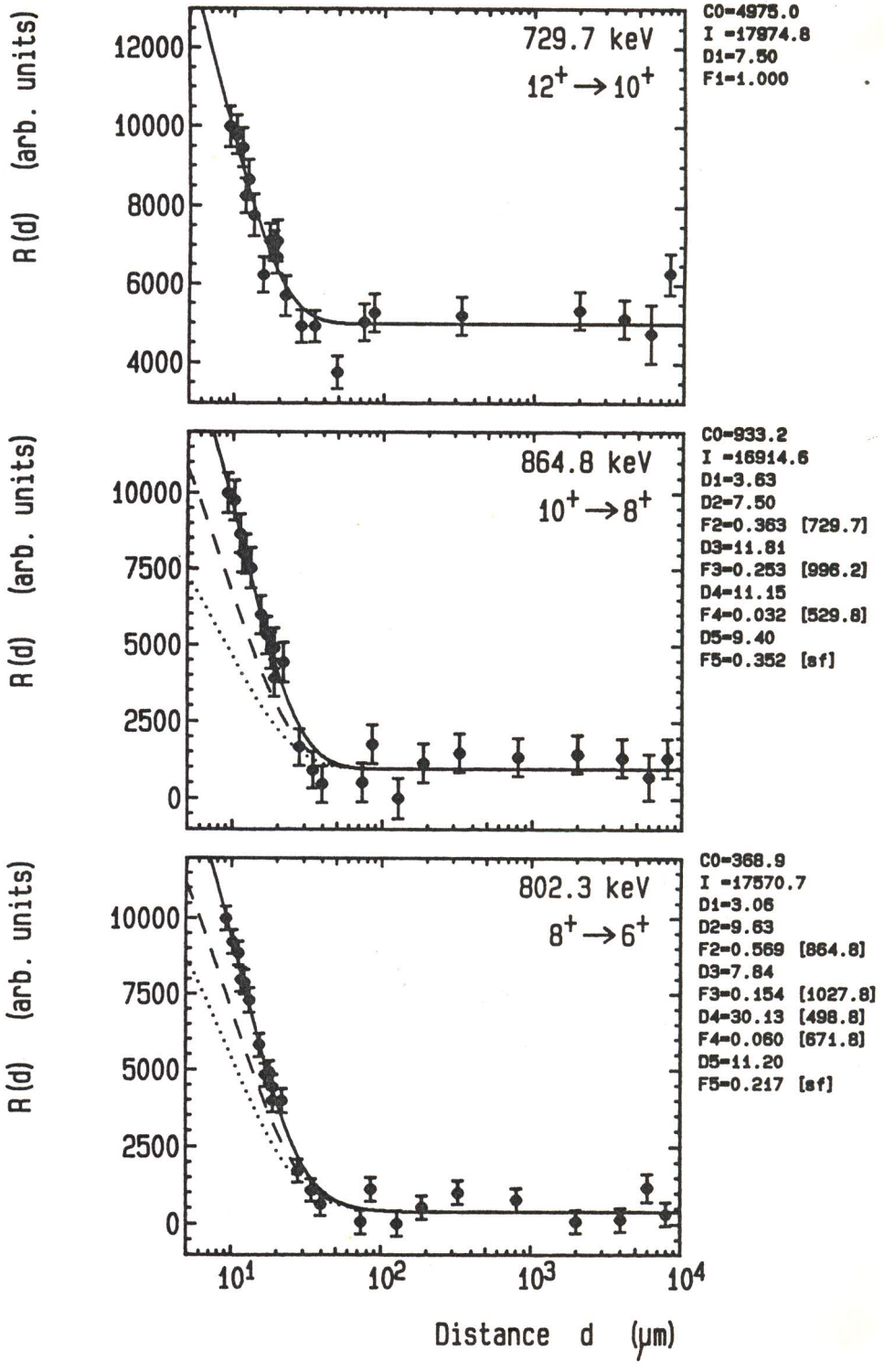


Abb. 3.29: *RDDS*-Messung in ^{130}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Banden '4' und '5'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

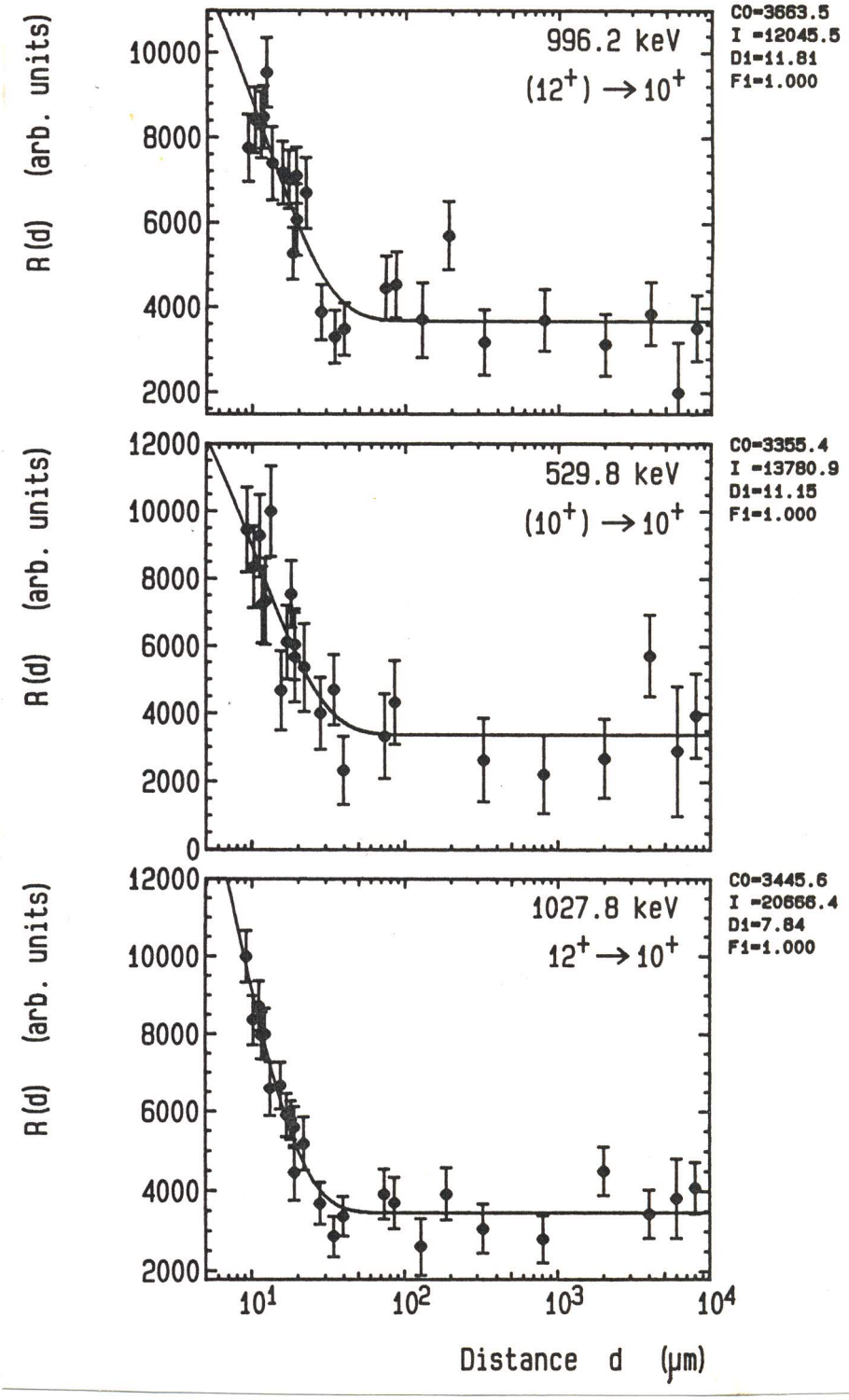


Abb. 3.30: *RDDS*-Messung in ^{130}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Banden '3'und '5'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

Die Banden '6' und '7'

Die Zerfallseigenschaften von Zuständen dieser Banden konnten bis zum 11^- bzw. (12^-) Zustand bestimmt werden. Für diese Niveaus sind nur effektive Lebensdauern bestimmt worden. Für den $(8^-) \rightarrow 7^-$ γ-Übergang konnte man mittels Spektren, die bei 0° gemessen wurden, keine Zerfallskurve bestimmen, weil in diesen Spektren der entsprechende Stoppeak vom Flugpeak des $2_1^+ \rightarrow 0_1^+$ Übergangs überdeckt ist. Eine zufriedenstellende Zerfallskurve konnte man wegen des kleinen v/c aus dem bei 160° positionierten *Ge*-Detektor nicht ermitteln. Die experimentelle Zerfallskurve des 7^--Zustandes wurde daher unter der Annahme gefittet, daß die effektive Lebensdauer des (8^-)-Zustands zwischen der effektiven Lebensdauer seines Vorgängers und der seines Nachfolgers liegt, was für eine γ-Kaskade eine sinnvolle Annahme ist. Die effektive Lebensdauer des (8^-)-Niveaus wurde innerhalb der oben erwähnten Grenzen variiert. Die in der Tabelle 3.4 angegebenen Lebensdauern des 7^--Zustands entsprechen bei gegebener Sidefeeding–Hypothese dem kleinsten erreichten χ^2.

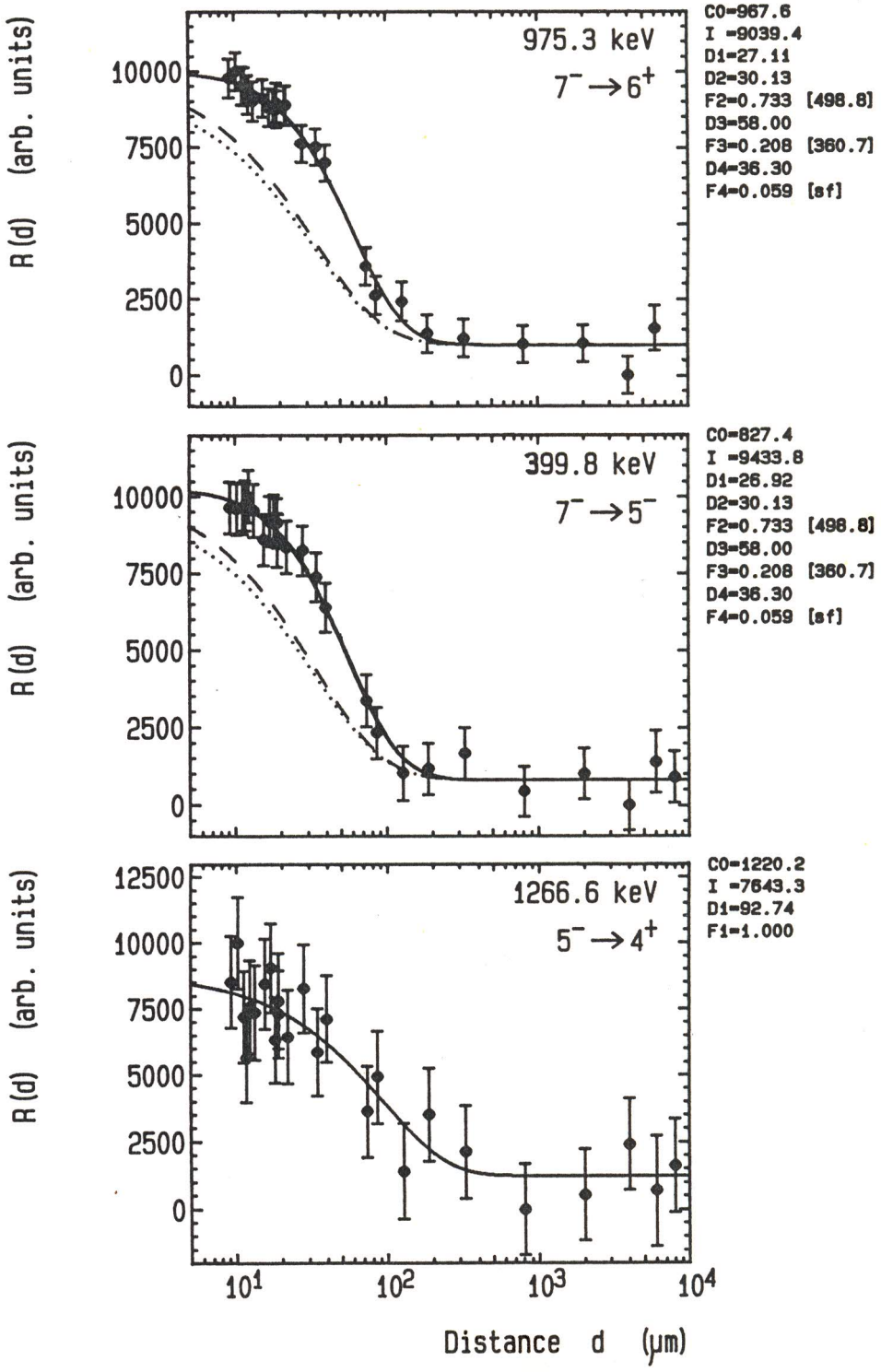


Abb. 3.31: *RDDS*-Messung in ^{130}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Bande '6'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

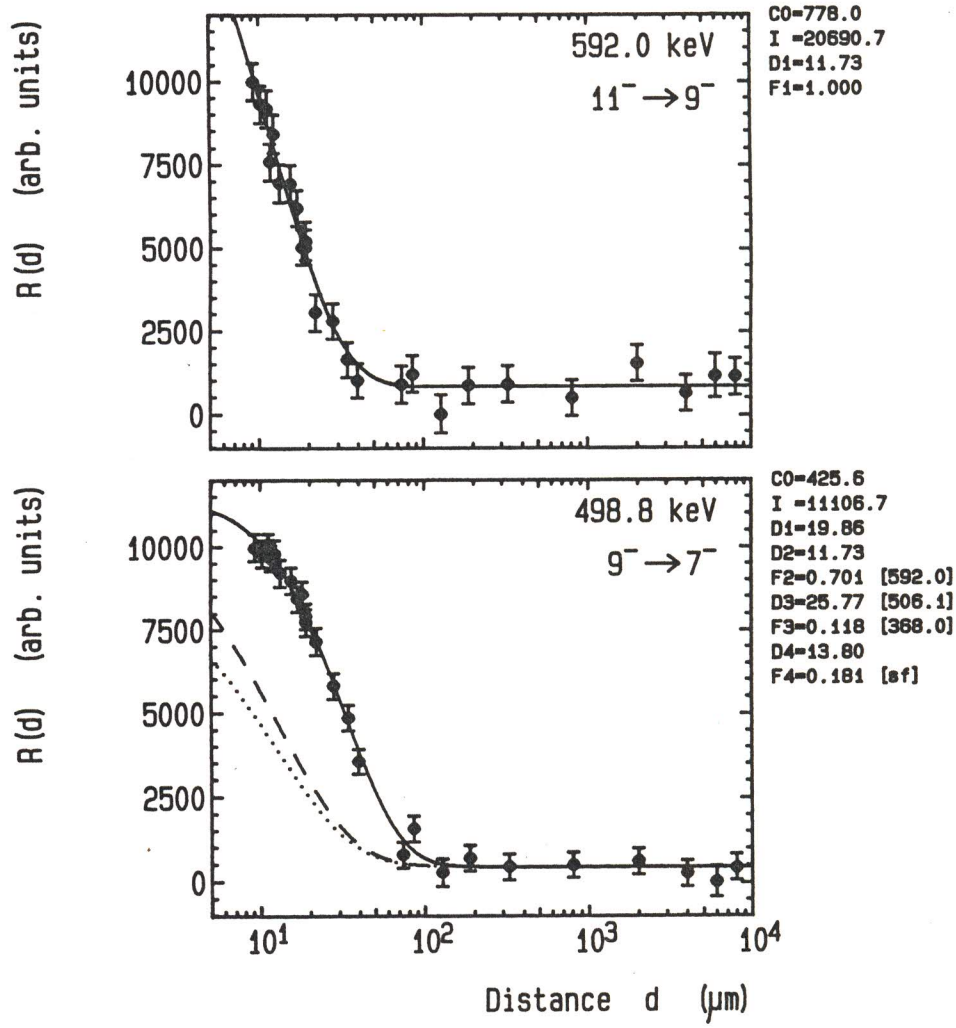


Abb. 3.32: *RDDS*-Messung in ^{130}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Bande '6'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

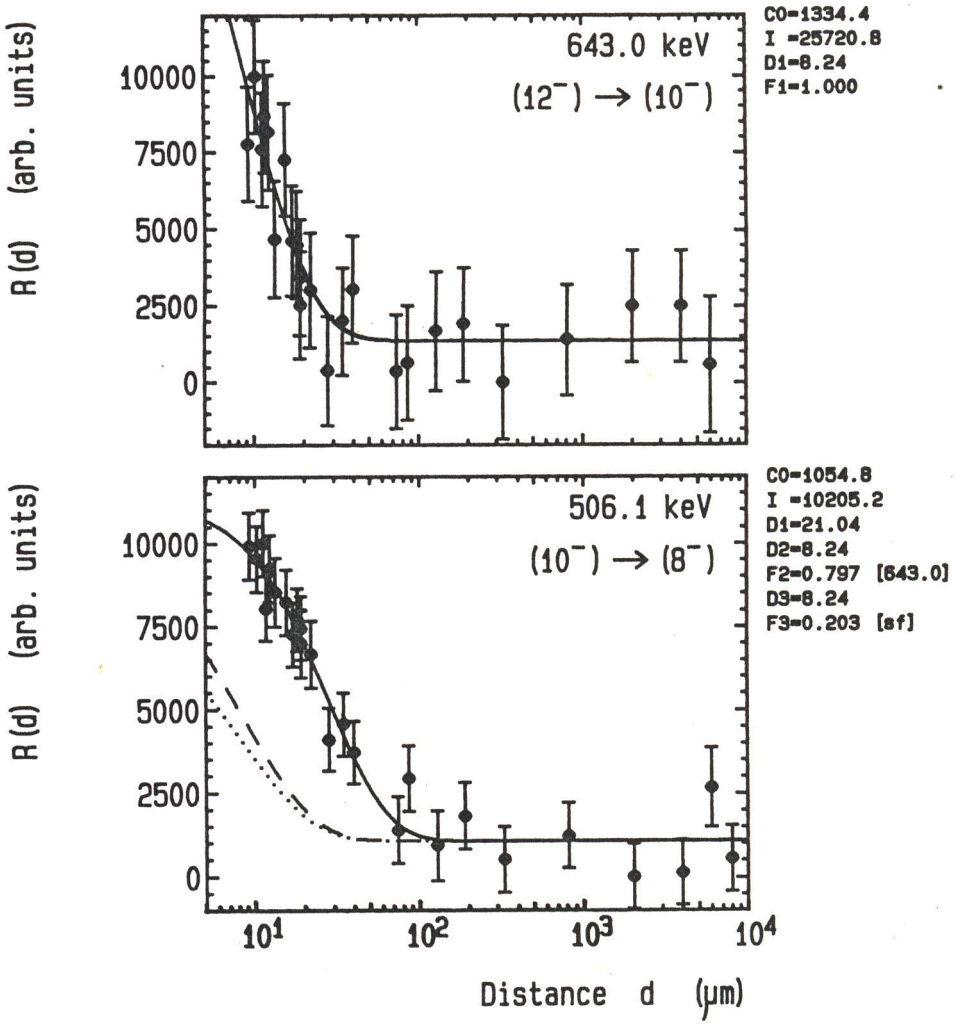


Abb. 3.33: *RDDS*-Messung in ^{130}Ba: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Bande '7'. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich bei Abb. 3.11.

Tab. 3.4: Ermittelte mittlere Lebensdauern τ in ^{130}Ba. F^{sf} gibt die (angenommene) relative Sidefeeding-Intensität des jeweiligen Zustands an. τ^e ist die effektive Lebensdauer des Niveaus. Unter (I) und (II) sind die mittleren Lebensdauern, die unter der Annahme einer Sidefeeding-Zeit τ^{sf}=0 ps bzw. τ^{sf}=2.8 ps ermittelt wurden, abzulesen. Unter (III) werden die mittleren Lebensdauern, die nach der Hypothese $\tau^{sf}=\tau^{df}$ bestimmt wurden, angegeben. τ^{df} ist die nach Gl. 3.15 ermittelte effektive Zeit des diskreten Feedings (dazu siehe auch Kapitel 3.2).

Zustand	I^π	F^{sf}	τ^e	τ (ps)			τ^{df}
(keV)	($\hbar$)	(%)	(ps)	(I)	(II)	(III)	(ps)
357.1	2^+	4.5(3)	80(4)	58.2(42)	58.1(42)	57.1(43)	19.1
901.4	4^+	3.5(3)	19.4(12)	7.9(10)	7.8(10)	7.5(11)	14.1
1592.5	6^+	10.3(18)	10.5(11)	4.4(7)	4.2(7)	3.4(8)	14.4
2394.8	8^+	21.7(30)	5.1(7)	2.2(8)	2.0(8)	1.5(10)	5.3
3259.6	10^+	35.2(29)	4.3(5)	2.5(9)	2.0(9)	1.5(10)	4.4
3422.6	10^+		4.1(6)				
3989.3	12^+		3.6(6)				
3789.4	(10^+)		5.3(18)				
4255.8	(12^+)		5.3(8)				
888.6			12.4(32)				
907.4	2^+		18(10)				
2100.7	(6^+)		15(5)				
2168.0	5^-		44(19)				
2567.8	7^-	5.9(24)	26.4(21)	12.6(17)	12.5(17)	11.8(17)	15.9
3066.6	9^-	18(2)	13(1)	9.8(9)	9.4(9)	9.0(9)	5.9
3658.6	11^-		5.6(7)				
3434.6	(10^-)	31.5(42)	12.3(24)	10.7(25)	10.3(25)	10.0(25)	3.9
4077.6	(12^-)		3.9(15)				

3.7 RDDS-Messung an ^{130}Ce ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen

Zur Auswertung dieser Messung wurde das von *Todd et al.* in [Tod84] veröffentlichte Termschema übernommen (siehe Anhang). Die experimentellen Zerfallskurven, die aus Differenzspektren unter 0^o bzw. 55^o zum Strahl bestimmt wurden, werden ebenfalls im Anhang tabelliert. Zur Normierung der Spektren dienten auch hier die 136 keV und 301 keV γ-Linien aus der Coulomb-Anregung im Tantal-Stopper. Die relativen Intensitäten aller γ-Übergänge, die in dieser Auswertung berücksichtigt wurden, wurden durch eine separat durchgeführte Intensitätsmessung bestimmt (dazu siehe auch [Wrz89]). Sie sind ebenfalls im Anhang aufgelistet.

Der 12_1^+-Zustand war der energetisch am höchsten liegende Zustand, für den eine experimentelle Zerfallskurve mit ausreichender Statistik gemessen werden konnte. Durch die Anpassung einer $R(d)$-Funktion konnte jedoch keine mittlere Lebensdauer ermittelt werden, da der bevölkernde γ-Übergang $14_1^+ \rightarrow 12_1^+$ durch die 548 keV γ-Linie aus der Coulomb–Anregung im Gold–Backing kontaminiert ist und somit keine experimentelle Zerfallskurve für diesen Übergang ermittelt werden konnte.

Kontaminationslinien verhinderten darüberhinaus die Bestimmung von experimentellen Zerfallskurven für die meisten Mitglieder der Banden „1“, „2“ und „3“. Die Abbildungen 3.34 bis 3.37 zeigen alle experimentelle Zerfallskurven, die unter 0° zum Strahl ohne solche Probleme gemessen werden konnten. Die resultierenden Lebensdauern sind in Tab. 3.5 zusammengefaßt. Die dort angegebenen effektiven Lebensdauern τ^e wurden durch 1–K–Fits an die Meßpunkte der exp. Zeffallkurven bei Abständen $d \geq 10\mu m$ bestimmt. Zur Bestimmung von mittleren Lebensdauern bzw. zur Anpassung von $R(d)$-Funktionen mit mehreren Komponenten hingegen wurden alle Meßpunkte berücksichtigt.

Beim Fit der experimentellen Zerfallskurve des 2_1^+-Zustands, die unter 0° zum Strahl gemessen wurde, stellte sich heraus, daß sie mit den gemessenen diskreten Feeding–Zeiten bzw. relativen Intensitäten nicht zu reproduzieren war. Da aus den gemessenen γ-Spektren kein Hinweis auf Kontamination zu erhalten war, deutet ein solcher Verlauf auf Deorientierungseffekte hin. Der Einfluß dieser Effekte auf die exp. Zerfallskurven ist nach [Ras76] am deutlichsten unter 0° zum Strahl zu sehen. Die

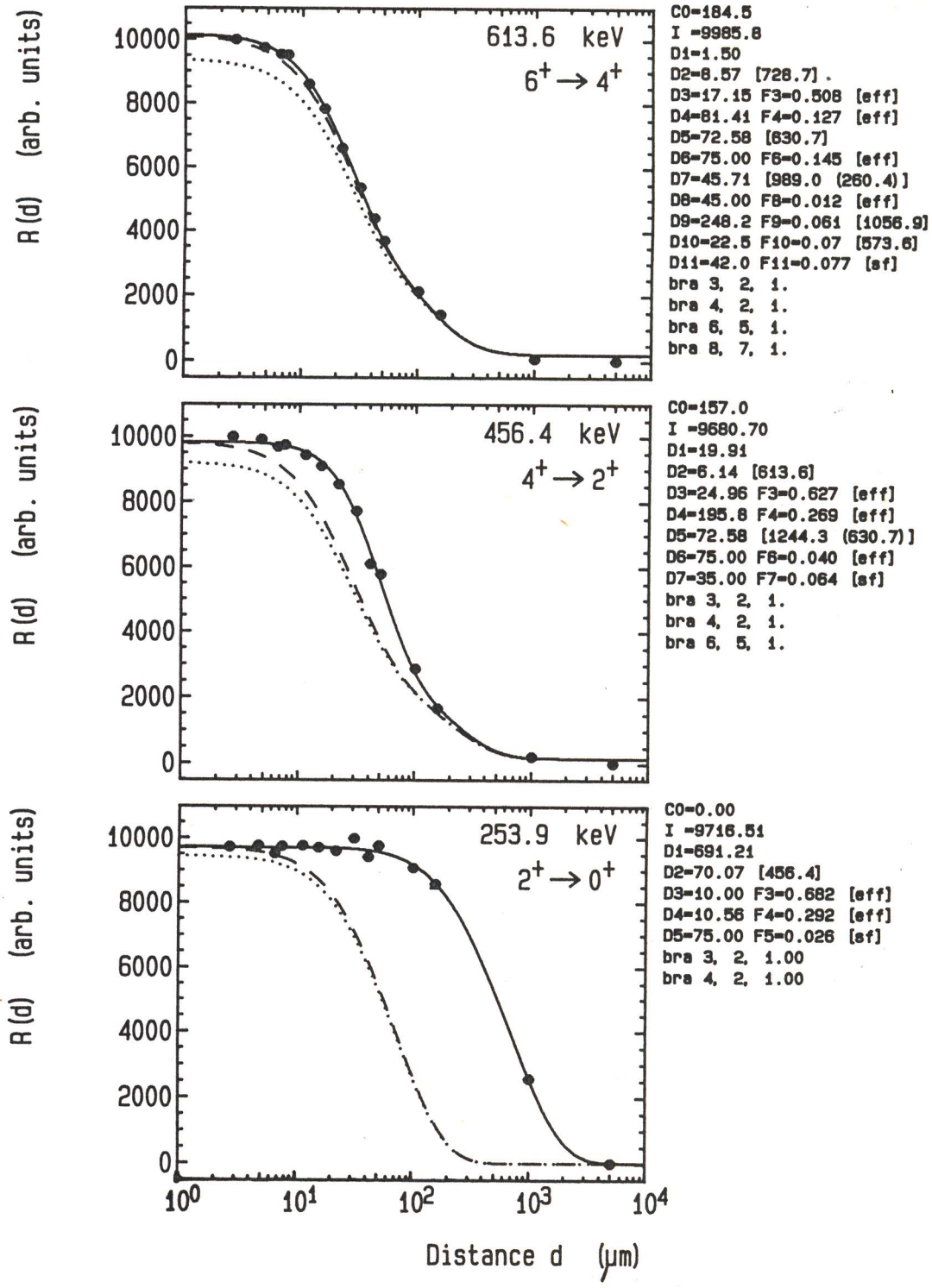


Abb. 3.34: *RDDS*-Messung in ^{130}Ce ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Yrast-Bande. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

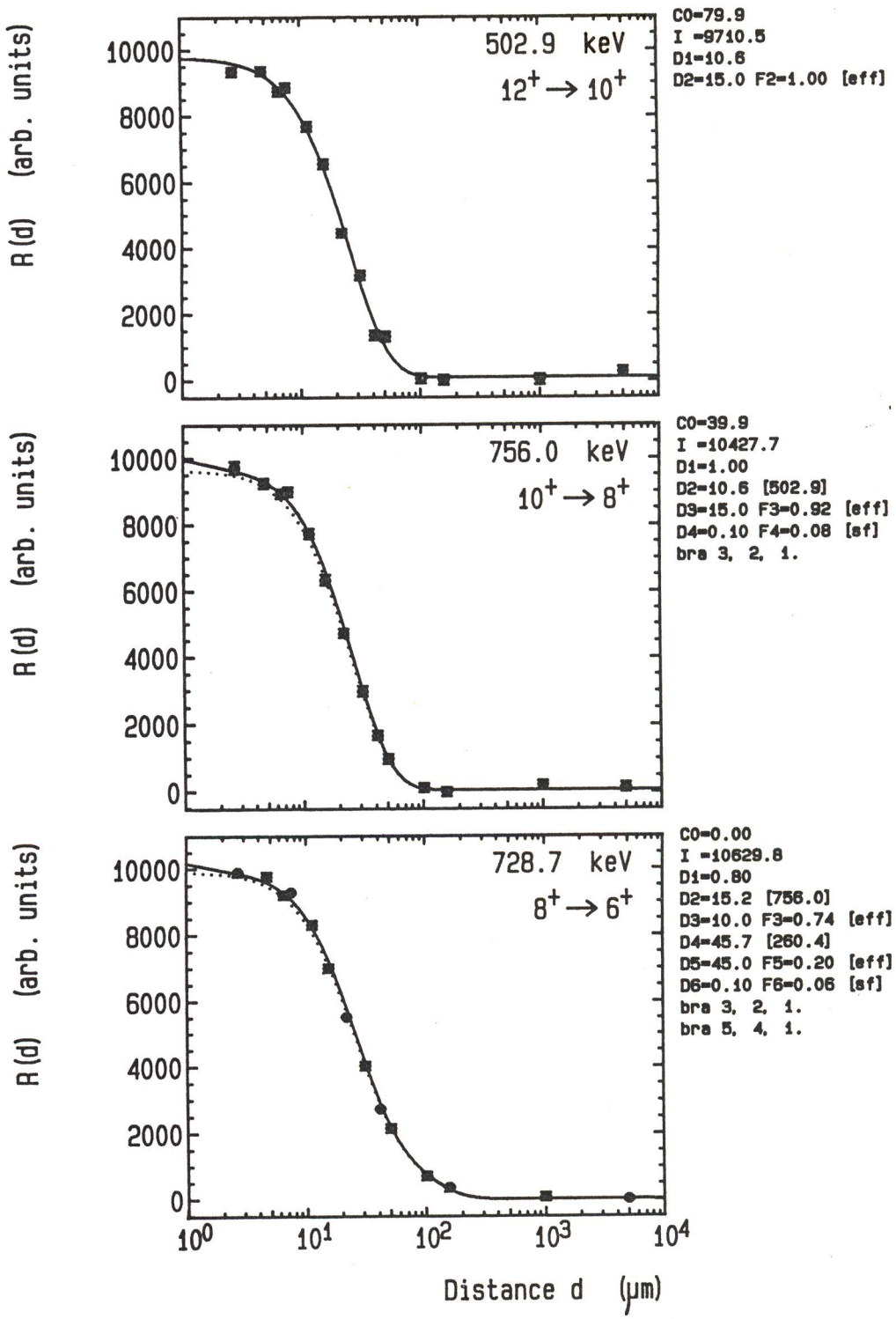


Abb. 3.35: *RDDS*-Messung in ^{130}Ce ohne $\gamma\gamma$-Koinzidenzen: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen der Yrast-Bande. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

Tab. 3.5: Ermittelte mittlere Lebensdauern τ in ^{130}Ce. F^{sf} gibt die relative Sidefeeding-Intensität des jeweiligen Zustands an. τ^e ist die effektive Lebensdauer des Niveaus. Unter (I) und (II) sind die mittleren Lebensdauern, die unter der Annahme einer Sidefeeding-Zeit τ^{sf}=0 ps bzw. τ^{sf}=2.8 ps ermittelt wurden, abzulesen. Unter (III) werden die mittleren Lebensdauern, die nach der Hypothese $\tau^{sf}=\tau^{df}$ bestimmt wurden, angegeben. τ^{df} ist die nach Gl. 3.15 ermittelte effektive Zeit des diskreten Feedings (dazu siehe auch Kapitel 3.2).

Zustand	I^π	F^{sf}	τ^e	τ (ps)			τ^{df}
(keV)	($\hbar$)	(%)	(ps)	(I)	(II)	(III)	(ps)
253.9	2^+	2.6(12)		222(15)	222(15)	221(15)	24
710.3	4^+	6.4(22)	21(2)	7.1(8)	7.0(8)	6.4(8)	11.2
1323.9	6^+	7.7(12)	11(2)	1.6(4)	1.3(4)	< 1	13.4
2052.6	8^+	6(1)	8.9(8)	< 0.3			
2808.6	10^+	8(2)	6.7(6)	< 0.3			
3311.5	12^+		6.8(6)				
1954.6	5^-		54(9)				
2313.0	7^-		33(9)				
2380.8	6^-		80(25)				
1897.5	6^+		7.2(18)				

experimentelle Zerfallskurve des 2_1^+-Zustands wurde auf Deorientierungseinflüsse, wie dies im Abschnitt 3.1. erläutert wurde, korrigiert. Abb. 3.34 zeigt die daraus resultierende exp. Zerfallskurve und den dazugehörigen Fit, aus dem eine mittlere Lebensdauer von 221(20) ps ermittelt wurde.

Die experimentellen Zerfallskurven des 4_1^+- und 6_1^+-Zustands, die in derselben Abb. gezeigt werden, sind ebenfalls auf Deorientierungseffekte korrigiert. Die resultierenden mittleren Lebensdauern unterschieden sich erwartungsgemäß nicht sehr stark von denen, die ohne eine solche Korrektur ermittelt wurden. Die entsprechenden Abweichungen sind kleiner als der jeweilige statistische Fehler.

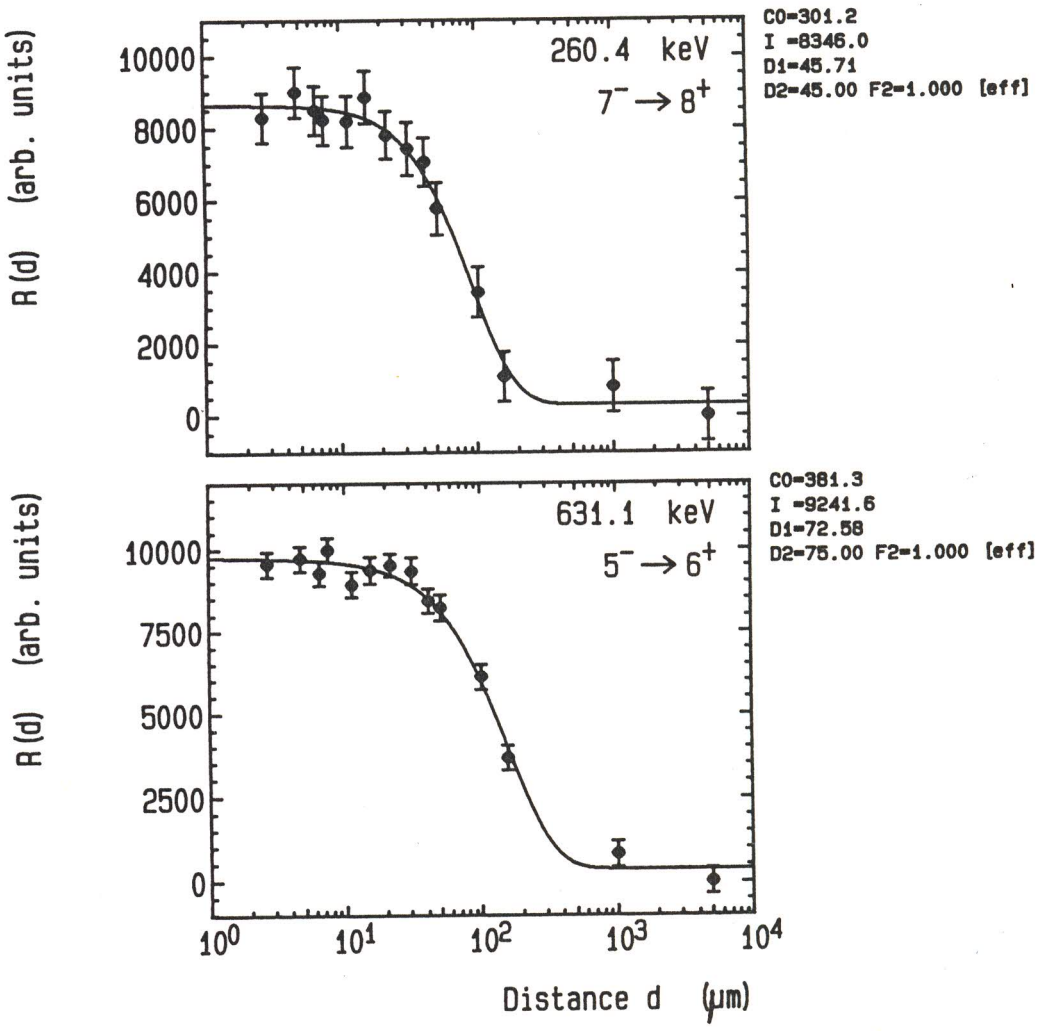


Abb. 3.36: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen des Kerns ^{130}Ce. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.

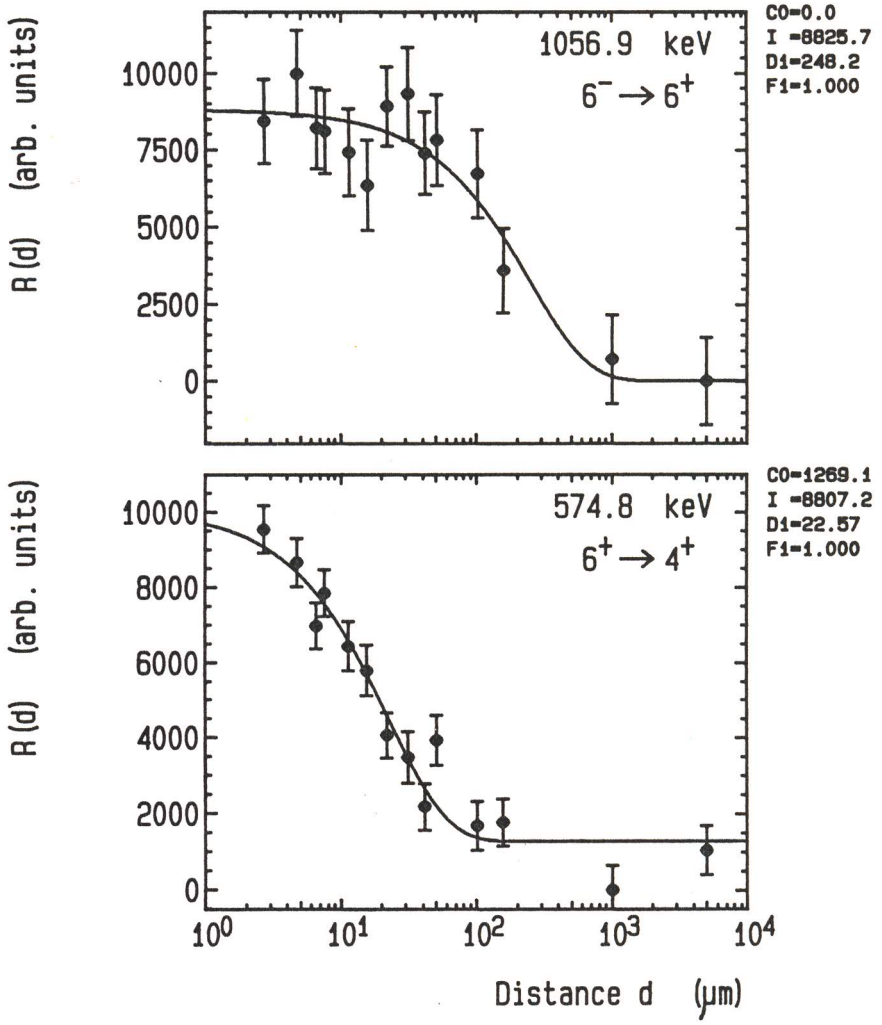


Abb. 3.37: Exp. Zerfallskurven (Kreise) von Zuständen des Kerns ^{130}Ce. Eine genaue Erläuterung der Figuren findet sich in Abb. 3.11.