

Spektroskopie an ^{196}Au und ^{190}Ir
mit dem
Bonner Orangenspektrometer

von
Jochen Gröger

Diplomarbeit in Physik
angefertigt im
Institut für Strahlen- und Kernphysik

vorgelegt der
Mathematisch–Naturwissenschaftlichen Fakultät
der
Rheinischen Friedrich–Wilhelms–Universität
Bonn

Bonn, im November 1996

Ich versichere, daß ich diese Arbeit selbständig verfaßt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, sowie die Zitate kenntlich gemacht habe.

Referent:	Prof. Dr. C. Günther
Korreferent:	Prof. Dr. P. Herzog

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Experimentiereinrichtungen	2
2.1	Der Beschleuniger	2
2.1.1	Strahlplatz 8	2
2.2	Das Doppelorangenspektrometer	3
2.2.1	Der Elektronendetektor	5
2.3	Aufbau für e^- - γ -Koinzidenzmessungen	6
2.4	Die Elektronik	7
2.5	Die Datenaufnahme	7
2.6	Die Analyse	9
3	Spektroskopie an ^{190}Ir	12
3.1	Motivation	12
3.2	Elektroneinzel-Messungen	12
3.3	Elektron-Gamma-Messungen	16
3.4	Interpretation	17
4	Spektroskopie an ^{196}Au	19
4.1	Motivation	19
4.2	Elektroneinzel-Messungen	22

4.2.1	Auswertung der Spektren	24
4.2.2	Ergebnisse	25
4.3	Elektron–Gamma–Messungen	26
4.3.1	Analyse	27
4.4	Interpretation	28
4.4.1	Der 135.23 keV Übergang	28
4.4.2	Das 147.81 keV L_2 -Gate	34
4.4.3	Winkelverteilungseffekte	35
4.5	Aussichten	37
5	Zusammenfassung	38
A	Abbildungen	39
B	Tabellen	43
C	Spektren und Tabellen zur $e^- - \gamma$ Messung	48

Kapitel 1

Einleitung

Ein Gegenstand dieser Arbeit war die Wiederinbetriebnahme des Orangenspektrometers, welches während der langen Umbauphase des Bonner Zyklotrons lange Zeit nicht benutzt werden konnte. Dazu gehörte ein Test der kompletten Steuer- und Meßelektronik, sowie die Neubeschaffung verschlissener Teile und die Erneuerung des Kühlkreislaufes.

Das neue Datenaufnahmesystem am Zyklotron machte es notwendig, ein neues Analyseprogramm für Messungen am Orangenspektrometer zu erstellen. Dieses Programm ermöglicht eine „sliding window“-Analyse und wird in dieser Arbeit kurz besprochen.

Als erstes wurden Messungen von Elektronenspektren in der $^{190}\text{Os}(d,2n)^{190}\text{Ir}$ -Reaktion durchgeführt. Frühere Experimente hatten Unstimmigkeiten mit dem bisher veröffentlichten Niveauschema[LS78, Sin90] ergeben. Zur Bestätigung eines modifizierten Niveauschemas waren Messungen unverzichtbar, die zu Beginn dieses Jahres durchgeführt wurden. Durch ergänzende Elektronen-einzel- und $e^- - \gamma$ -Koinzidenzmessungen konnte das Niveauschema bestätigt werden, so daß das Projekt mit einer Veröffentlichung [GWB⁺96] erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

Hauptbestandteil dieser Arbeit sind die Experimente an ^{196}Au in der Reaktion $^{196}\text{Pt}(d,2n)$. Obwohl dieses Goldisotop ein direkter Nachbar des stabilen ^{197}Au ist, weiß man bisher erst sehr wenig über sein Niveauschema. Das Interesse für diesen Kern beruht auf der Tatsache, daß sich mit Hilfe des Interacting Boson Fermion Fermion Modells (IBFFM) Vorhersagen für einen Teil seiner angeregten Zustände machen lassen[JDK⁺95].

Kapitel 2

Experimentiereinrichtungen

2.1 Der Beschleuniger

Nach einer längeren Bauzeit (ca. $1\frac{1}{2}$ Jahre) steht der Beschleuniger am Institut für Strahlen- und Kernphysik seit Ende des Jahres 1995 wieder zur Verfügung. Es handelt sich dabei um ein Isochron-Zyklotron mit einem Durchmesser von 2 m, das durch eine ECR-Schwerionenquelle gespeist wird. Für die hier beschriebenen Experimente benötigen wir einen Deuteronenstrahl, der in einem Energiebereich von $E_d = 14$ MeV bis 28 MeV realisiert werden kann. Die Hochfrequenz des Zyklotrons liegt bei diesen Energien im Bereich von 20 MHz bis 28 MHz, so daß die Strahlpulse etwa alle 50 ns bis 36 ns das Target treffen. Dieses Hochfrequenzsignal wird bei allen „in beam“ Experimenten im NIM-Elektronik Aufbau als Zeitbasis für den schnellen Koinzidenzkreis verwendet.

2.1.1 Strahlplatz 8

Der Strahlplatz 8 des Zyklotrons ist unser Experimentierareal. Dort befindet sich in einem festen Aufbau das große Orangenspektrometer (große Orange) zur Elektronenspektroskopie. Für Koinzidenzmessungen mit diesem Spektrometer wurde ein zweites, kleineres Orangenspektrometer (kleine Orange) und ein Aufbau mit vier Comptonunterdrückten Germaniumdetektoren verwendet. Der Strahl tritt seitlich in die große Orange ein und wird nach der Kollision mit dem Target in einem Faradycup in der Wand hinter dem Spektrometer gestoppt. Somit besteht die Möglichkeit, die Strahlstromstärke zu messen. In Abb. 2.1 [Gra87] ist das Strahlführungssystem des Zyklotrons bis

hin zum Strahlplatz 8 dargestellt. Bei guter Fokussierung, und den bei uns üblichen Strahlströmen von ca. 50 nA – 150 nA, ist ein Strahldurchmesser von etwa 1 mm erreichbar.

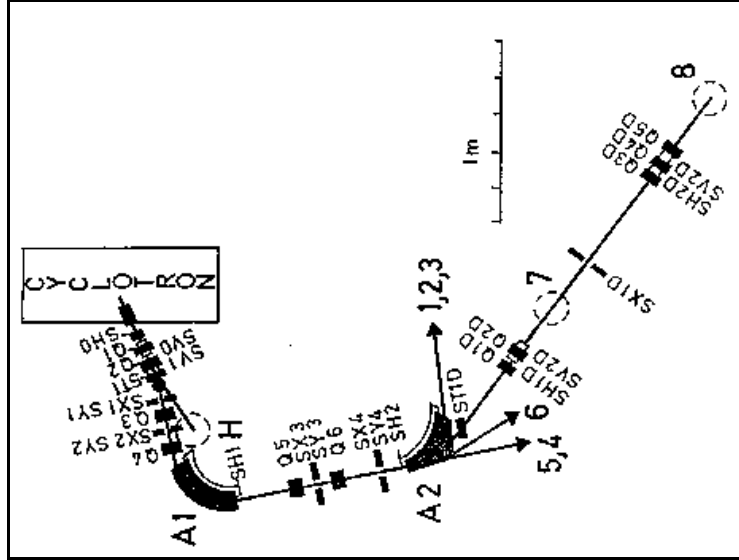


Abbildung 2.1: Strahlführungssystem bis hin zum Strahlplatz 8

2.2 Das Doppelorangenspektrometer

Das am Strahlplatz 8 befindliche eisenfreie β -Spektrometer vom Orangen-Typ (siehe auch Abbildung A.2) dient zum Nachweis von Konversionselektronen bis zu einer Energie von etwa 800 keV. Das inhomogene Magnetfeld des Spektrometers wird durch 60 wassergekühlte Leiterschleifen, die sektorförmig, wie Orangenscheiben, angeordnet sind, erzeugt.

Durch den Gleichstrom (0 – 800 A), der durch die Leiterschleifen fließt, wird eine toroidförmige Luftspule gebildet, deren Magnetfeld die aus dem Target austretenden Elektronen ringförmig auf einen kegelförmigen Plastiksintillator fokussiert (s. Kapitel 2.2.1).

Der Impuls p der Elektronen ist proportional zum Produkt aus dem Magnetfeld B und dem Radius ρ , auf dem sich die Elektronen bewegen. Da nur Elektronen mit einem bestimmten Krümmungsradius detektiert werden können, wird die spektrale Aufspaltung allein durch die Variation des Magnetfeldes erreicht, die proportional zur Stromstärke I ist. Demnach besteht

ein linearer Zusammenhang zwischen dem Strom I und dem Impuls p des Elektrons, bzw. der Größe $B\rho$. Für die große Orange sieht eine typische Eichung wie folgt aus:

$$I \text{ [A]} = 0.54 + 0.15006 \cdot B\rho \text{ [G} \cdot \text{cm]} \quad (2.1)$$

$B\rho$ ist also eine vom speziellen Spektrometer unabhängige Größe, die über folgende Beziehung [Sie79] in die Energie umgerechnet werden kann.

$$E_{e^-} = \sqrt{(m_0 c^2)^2 + e^2 c^2 (B\rho)^2} - m_0 c^2 \quad (2.2)$$

Die Elektronenspektren werden also durch Variation des Spulenstromes innerhalb eines bestimmten Bereiches aufgenommen, in der Regel in Schritten von 0.1 A.

Für Elektron–Elektron–Koinzidenzmessungen steht uns ein weiteres, kleineres Orangenspektrometer (kleine Orange) zur Verfügung, das auf einem speziellen Gestell befestigt ist und direkt an die große Orange angeflanscht werden kann (s. Abb. 2.2) und über sie mit evakuiert wird. Dieses Spektrometer ist baugleich mit der großen Orange, jedoch nur ein Drittel so groß und besitzt daher nur 30 Leiterschleifen.

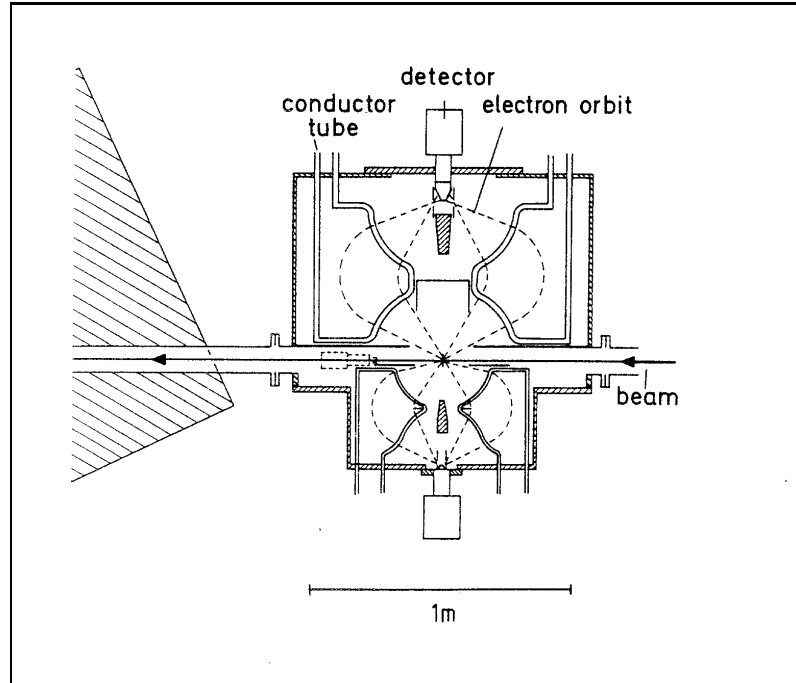


Abbildung 2.2: Das Doppelorangenspektrometer

Die großen Vorteile dieser Spektrometer sind:

- großer Öffnungswinkel: $\Omega=16\%$ von 4π bei der großen und $\Omega=14\%$ bei der kleinen Orange.
- gute Impulsauflösung: $\frac{\Delta p}{p} \approx 0.5\%$, bzw. 1.0% , was einer Energieauflösung von etwa $1-2\%$ entspricht.
- nahezu 100% Nachweiswahrscheinlichkeit der selektierten Elektronen.
- gute Zeitauflösung durch die Eigenschaften des Szintillationsdetektors.

2.2.1 Der Elektronendetektor

Der Elektronendetektor besteht aus einem kegelförmigen Plexiglasrumpf, auf dessen Oberfläche sich ein Plastiksintillator (NE102) befindet, und einem Photomultiplier vom Typ XP2020 der Firma Philips. Die Dicke der Szintillationsschicht schränkt den nachweisbaren Energiebereich ein. Wir verfügen zur Zeit über zwei Plexiglasrumpfe mit einer 1 mm ($E_{e^{-}max} \approx 1\text{ MeV}$) und einer 3 mm ($E_{e^{-}max} \approx 2\text{ MeV}$) dicken Szintillationsschicht, die jeweils in der Feinmechanikwerkstatt unseres Institutes angefertigt wurden.

Der Szintillator wird mittels einer geeigneten Halterung auf dem Photomultiplier fixiert, wobei dieser durch einen μ -Metallzylinder von den störenden Magnetfeldeinflüssen des Spektrometers abgeschirmt wird. Vor dem Zusammenbau des Detektors wurde die Glasoberfläche des Photomultipliers mit optischem Fett versehen, und der Szintillator mit einer leichten Drehbewegung aufgesetzt. Dadurch wird ein optimaler optischer Kontakt erreicht. Die Schaltung für den Spannungsteiler des Multipliers wird mit Hilfe des Datenblattes[Phi90] und dem Rat der Elektronikwerkstatt konzipiert. Der entsprechende Schaltplan ist in Abb. A.1 zu sehen. Um bei einer typischen Versorgungsspannung von $U = -2.3\text{ kV}$, was einem Strom von ca. 4.5 mA entspricht, eine größtmögliche Stabilität gegen Temperatureinflüsse zu haben, wurde die Schaltung ausschließlich mit 3 W Metallfilmwiderständen realisiert. Der Spannungsteiler muß noch speziell an „seinen“ Photomultiplier angepaßt werden. Da diese Einstellung mit einer ^{152}Eu Eichquelle durchgeführt wird, muß man den Multiplier vorübergehend mit einem geeigneten (dickeren) Szintillator versehen, um die γ -Strahlung detektieren zu können.

Während man auf einem Oszillographen die Anodensignale beobachtet, variiert man sukzessive die beiden Potentiometer der Schaltung um das größtmögliche Anodensignal zu erhalten.

2.3 Aufbau für e^- - γ -Koinzidenzmessungen

Häufig lassen sich Aussagen über die Kernstruktur erst durch γ -Koinzidenzmessungen machen. Ein großer Vorteil der Orange ist die unübertroffene Energieauflösung im niederenergetischen Bereich, der sich gerade auch bei Elektron-Gamma-Koinzidenzmessungen bezahlt macht.

Zu diesem Zweck verfügen wir in Bonn über ein spezielles Gestell mit vier comptonunterdrückten Germaniumdetektoren, das ähnlich wie die kleine Orange dicht an das große Spektrometer geschoben werden kann (s. Abb. 2.3). Die Tür der großen Orange ist daher auf Targethöhe mit einem 2 mm dicken

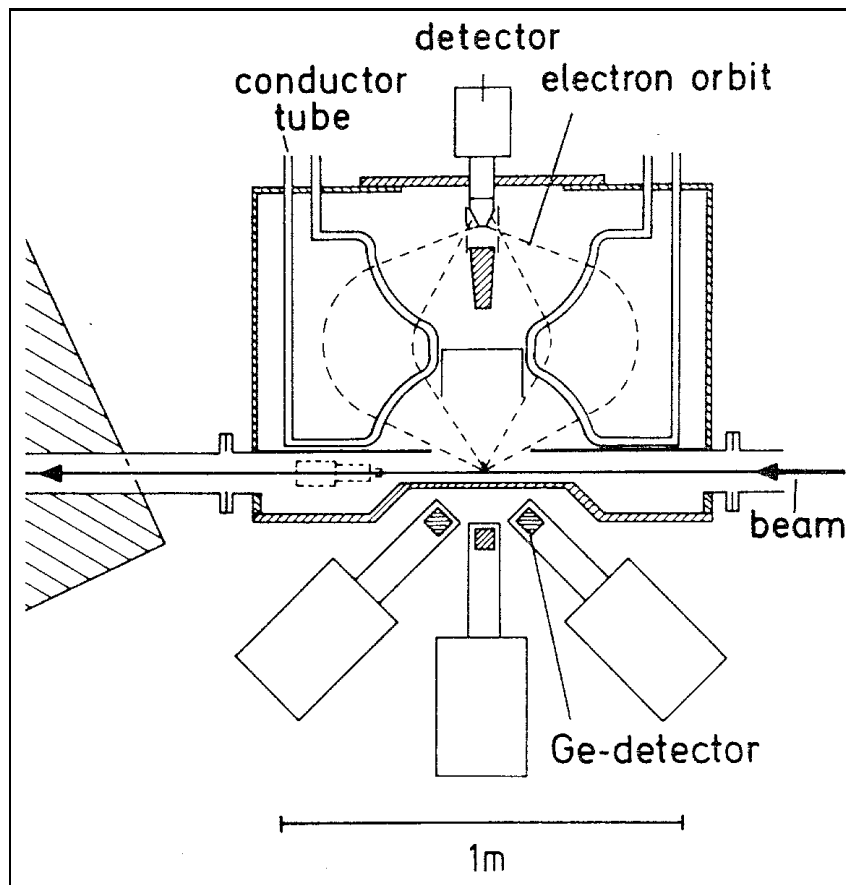


Abbildung 2.3: Der Elektron-Gamma Aufbau an der großen Orange

Aluminiumfenster versehen und der Abstand des Targets zu den Detektoren beträgt etwa 10 cm.

Die vier Germaniumdetektoren des n-Typs haben eine relative Effizienz von etwa 30% und sind jeweils von einem BGO¹-shield mit sechs Photomultipliern umgeben. Durch eine Antikoinzidenzschaltung zwischen dem Detektor- und dem BGO-Signal kann eine Comptonunterdrückung erreicht werden.

Die Germaniumdetektoren mit den BGO-shields sowie der benötigten Elektronik werden uns freundlicher Weise von Herrn Prof. Dr. J. de Boer der LMU² München zur Verfügung gestellt.

2.4 Die Elektronik

Die Netzgeräte der beiden Orangenspektrometer werden über die serielle Schnittstelle unseres Datenaufnahmesystems (s. Kapitel 2.5) angesteuert. Um eine größtmögliche Unabhängigkeit von Strahlstromschwankungen, Targetdicke und anderen zeitabhängigen Störungen zu bekommen ist in die große Orange ein kleiner Photomultiplier mit Plastikszintillator als Monitordetektor eingebaut, der die elastisch gestreuten Teilchen nachweist. Der Spektrometerstrom wird nur dann verändert, wenn der Monitorzähler eine bestimmte, zuvor gewählte, Zahl solcher Teilchen registriert hat (siehe auch Kapitel 2.5).

Die Logik des Experimentes (Beispiel eines e^- - γ -Aufbaus auf Abb.2.4) wird mit NIM-Einschüben realisiert. Die auszulesenden Parameter werden dann auf 8-fach CAMAC-ADCs der Firma Silena (4418/V) gegeben und über zwei Buffer an den PC weitergeleitet.

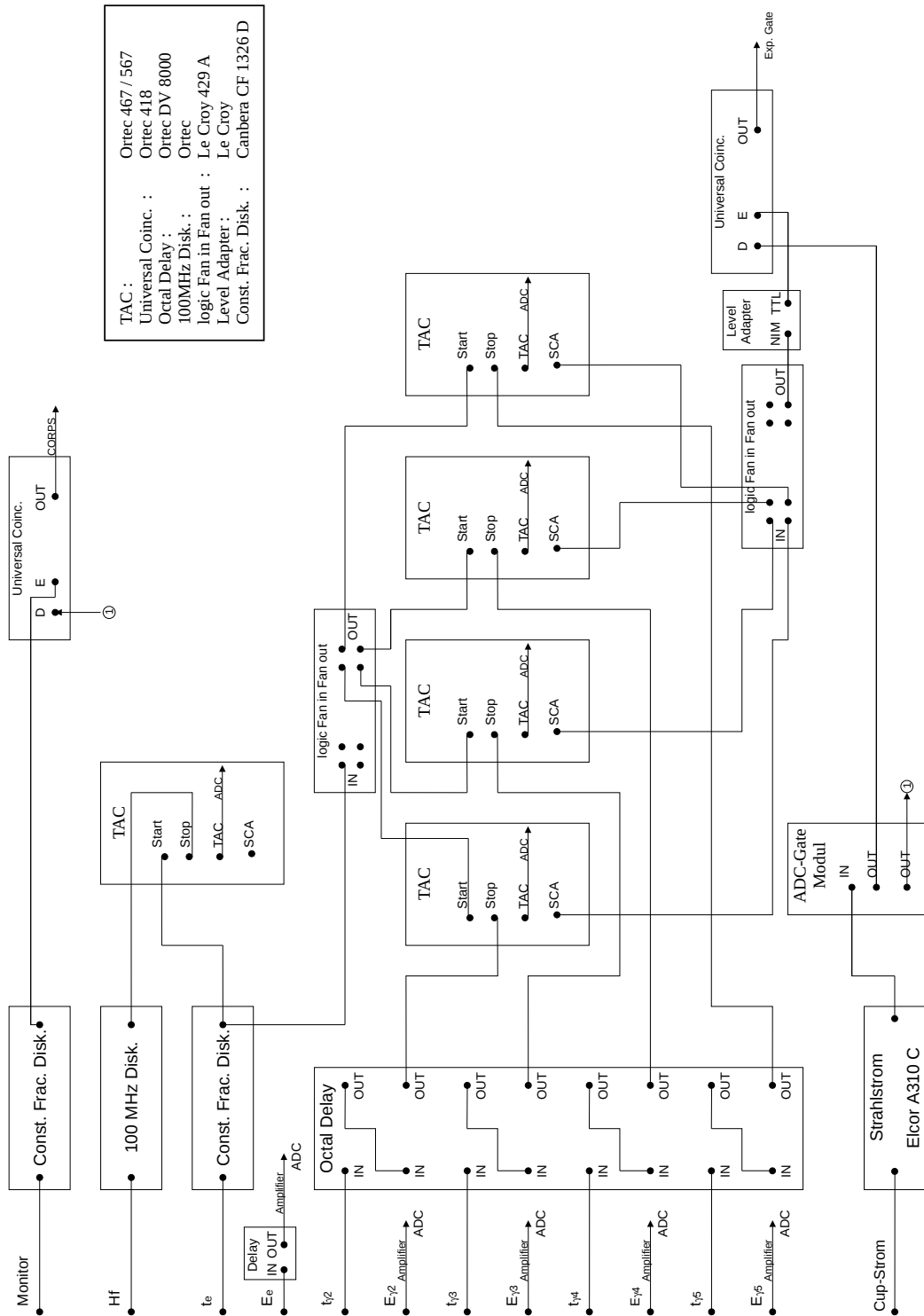
2.5 Die Datenaufnahme

Als Datenaufnahmesystem steht uns zur Zeit ein 80486 100MHz PC mit 16MB RAM und etwa 1 GB Festplattenkapazität zur Verfügung. Ferner kann über den externen Eingang des SCSI Busses ein CD-Writer angeschlossen werden, der es uns erlaubt, die Daten „direkt“ (über ein Buffer-file) auf eine CD zu brennen. Dies ermöglicht einen sehr einfachen und handlichen Datentransfer zwischen den verschiedenen Rechnersystemen. Das verwendete Softwarepaket CAMDA³ läuft unter MS-Windows 3.1 und stammt von

¹Bismut-Germanium-Oxid

²Ludwig-Maximilian-Universität

³CAMAC-Data Aquisition System

Abbildung 2.4: Aufbau der NIM-Elektronik für e- γ -Koinzidenzmessungen

H. Stelzer[Ste95]. T. Weber[Web96] hat dann die für die Netzgerätesteuerung nötigen Routinen in CAMDA integriert. CAMDA kann die Ansteuerung selbst während der Messung nicht übernehmen, sondern überträgt das Meß- und Steuerprogramm vor der Messung an ein spezielles NIM-Modul (CORPS⁴), welches die eigentliche Ansteuerung über einen eigenen Mikroprozessor übernimmt. CORPS wurde von K. Hofenbitzer und J. Manns am ISKP entwickelt und in der Elektronikwerkstatt gebaut. Nähere Information zum gesamten System siehe [Man96].

Damit steht uns ein kompaktes System zur Verfügung, daß es uns erlaubt, alle Parameter mit Hilfe der Software einzustellen, sowie eine erste Analyse der Spektren on-line durchzuführen. Die Daten werden blockweise als Listmode-files gespeichert, es werden also der Reihe nach alle Ereignisse weggeschrieben.

Der Anschluß an die Hardware des Experimentes erfolgt über eine spezielle Karte, die mit dem CAMAC-System des Experimentes verbunden ist.

2.6 Die Analyse

Die Listmode-Datenstruktur erlaubt es uns, alle aufgezeichneten Ereignisse nach geeigneten Filterbedingungen zu selektieren. Durch die Entscheidung, nur noch den UNIX-Cluster des Institutes zu warten, konnten die früheren VMS-Analyseprogramme nicht weiterverwendet werden, so daß ein neues Analyseprogramm geschrieben werden mußte.

Das Programm soll die Listmode-files unter bestimmten Filterbedingungen durchleuchten und das Ergebnis in einer separaten Datei wegschreiben, die dann von anderen Programmen (z.B. dem RADWARE-Paket⁵[Rad]) gelesen werden kann.

Das Programm ORA wurde in der Programmiersprache C für unsere Linux-PC's, bzw. den UNIX-Cluster entwickelt. Um eine möglichst universelle Anwendbarkeit zu gewährleisten, wurde weitestgehend mit variablen Größen gearbeitet. Das zieht den Nachteil mit sich, daß zu Beginn des Programms eine relativ große Zahl von Eingaben gemacht werden muß. Diese Eingaben lassen sich aber durch sogenannte Inputfiles sehr bequem automatisieren. Es besteht nun die Möglichkeit, jeden gemessenen Parameter mit einer eigenen Fensterbedingung zu versehen.

⁴Control of Ora and Polarised Source

⁵unser Standard Fit- und Analysepaket

Um aber aus den Listmodedaten wirklich saubere Spektren zu erzeugen, muß, insbesondere bei den Elektronendaten, der Tatsache Rechnung getragen werden, daß die Lage und Breite der Impulse des Elektronendetektors, sowie die Position der TAC-Prompten energieabhängig ist. Das Programm bietet daher die Möglichkeit einer „sliding window“ Analyse. Diese Technik erlaubt es, die untere und obere Fenstergrenze jeweils durch ein Polynom 2. Ordnung⁶ festzulegen. Um die Fenstergrenzen zu bestimmen, muß man sich erst für verschiedene Energien die entsprechenden Spektren erzeugen. An Hand dieser Spektren werden nun jeweils die Fenstergrenzen bestimmt, an die man mittels eines geeigneten Fitprogrammes z.B. eine Gerade anpaßt. Abbildung 2.5 zeigt sehr anschaulich dieses Vorgehen.

⁶höhere Ordnungen könnten leicht über eine Programmkonstante eingestellt werden

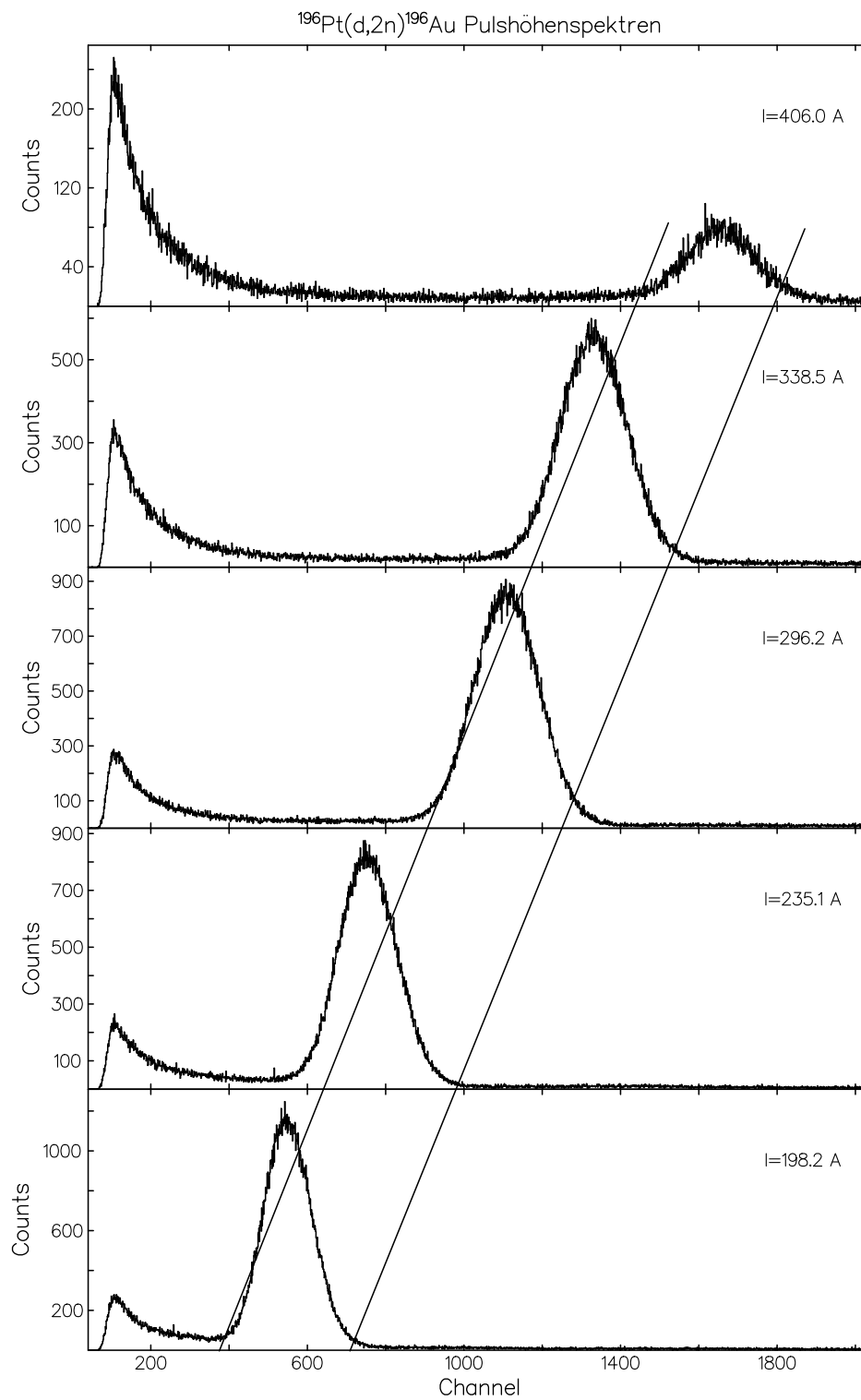


Abbildung 2.5: Energieabhängigkeit des Pulshöhenfensters als Beispiel für die „sliding window“ Analyse

Kapitel 3

Spektroskopie an ^{190}Ir

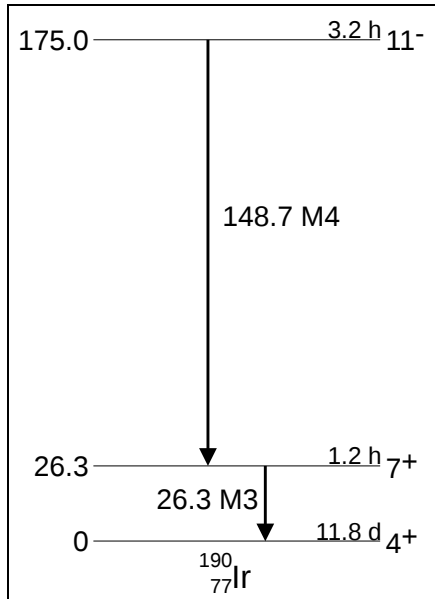
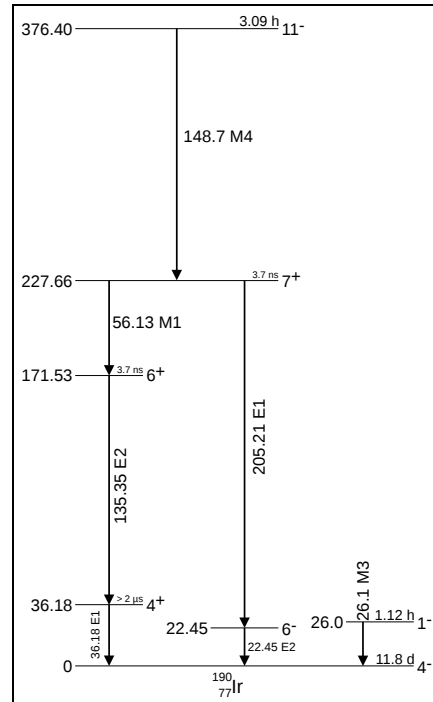
3.1 Motivation

Über $^{190}_{77}\text{Ir}$ ist relativ wenig bekannt, obwohl es direkt neben dem stabilen $^{189}_{76}\text{Os}$ liegt. In bisherigen Untersuchungen[HH64] wurden 2 isomere Zustände des Iridium mit 1.2 h, bzw. 3.2 h gefunden. Dabei nahm man an, daß das 1.2 h Isomer bei 26.3 keV durch einen 148.7 keV M4 Übergang von dem 3.2 h Isomer bei 175.0 keV bevölkert wird.

In neueren Experimenten von Garret et al.[GWB⁺96] zum besseren Verständnis der ^{190}Ir -Struktur wurden $^{192}\text{Os}(p, xn\gamma)^{193-x}\text{Ir}$ Reaktionen untersucht. Bei diesen Experimenten fand man vier neue Übergänge, die entweder auf die Existenz eines weiteren Isomers deuten, oder aber nach einer Modifikation des bisherigen Niveauschemas verlangen. Aus den bisherigen Messungen hatte sich ergeben, daß man ein modifiziertes Niveauschema annehmen muß, bei dem es keinen Übergang mehr zwischen den Isomeren gibt. Ferner muß man in dem 3.2 h Zweig einen 22.45 keV-Übergang postulieren, um eine Abregung auf den Grundzustand zu erreichen. In Abbildung 3.1 und 3.2 sind die beiden Niveauschemata dargestellt.

3.2 Elektroneinzel-Messungen

Der Nachweis der postulierten 22.45 keV-Linie muß mit Hilfe der Elektrenspektroskopie geführt werden, da E2-Übergänge dieser Energie praktisch vollständig konvertiert sind ($\alpha_{tot}(22.45 \text{ keV}, E2) = 5710$)[RFAP78]. Für die Messungen verwendeten wir ein $83\mu\text{g}/\text{cm}^2$ dickes ^{192}Os Target, daß zu 99%

Abbildung 3.1: altes Niveauschema des ^{190}Ir Abbildung 3.2: neues Niveauschema des ^{190}Ir

angereichert ist und sich auf einer $32\mu\text{g}/\text{cm}^2$ dicken Kohlenstoffolie befindet. Dieses Target wurde uns freundlicherweise von Dr. H.J. Maier¹ angefertigt.

Durch den Beschuß mit 27.55 MeV Deuteronen bevölkerten wir die isomeren Zustände des ^{190}Ir über die (d,4n)-Reaktion. Um den Anteil des 1.2 h Isomers zu unterdrücken begannen wir erst etwa eine Stunde nach der Bestrahlung mit der eigentlichen Messung. Zum Nachweis des 22.45 keV-Überganges wählten wir die Konversionslinien der M-Schale, da die L-Konversionslinien eine Energie von etwa 10 keV haben und damit sehr schwer nachzuweisen sind. Die M-Konversionslinien haben eine Energie von etwa 19 keV (s. Tabelle 3.1), so daß wir mit der großen Orange einen Energiebereich von etwa 17.5 bis 21.2 keV analysierten. Bei diesem Spektrometer entspricht das einem Strombereich von 68.0 A bis 75.0 A, den wir in Schritten von 0.1 A variiert haben. Eine Untersuchung dieses Energiebereiches ist nur möglich, weil die Spektren „off-beam“ gemessen werden und daher kein Untergrund durch δ -Elektronen auftritt (siehe zum Vergleich das „in-beam“-Spektrum aus Abb. 4.4). Die Meßzeit nach jeder Bestrahlung betrug etwa neun Stunden, was dem Dreifachen der Lebensdauer des Isomers entspricht. Da es sich hier-

¹LMU München

bei nicht um ein „in beam“-Experiment handelt, wurde der Monitorzähler (s. Kapitel 2.4) durch einen Pulser simuliert. Die Referenzzählrate wurde dabei so eingestellt, daß die Verweilzeit für jeden Stromwert etwa 1 sec. betrug.

Nach einem Meßzyklus (3 h Bestrahlung, 1 h Warten, 9 h Messen) erhielten wir das in Abbildung 3.3 dargestellte Ergebnis. Das Spektrum wur-

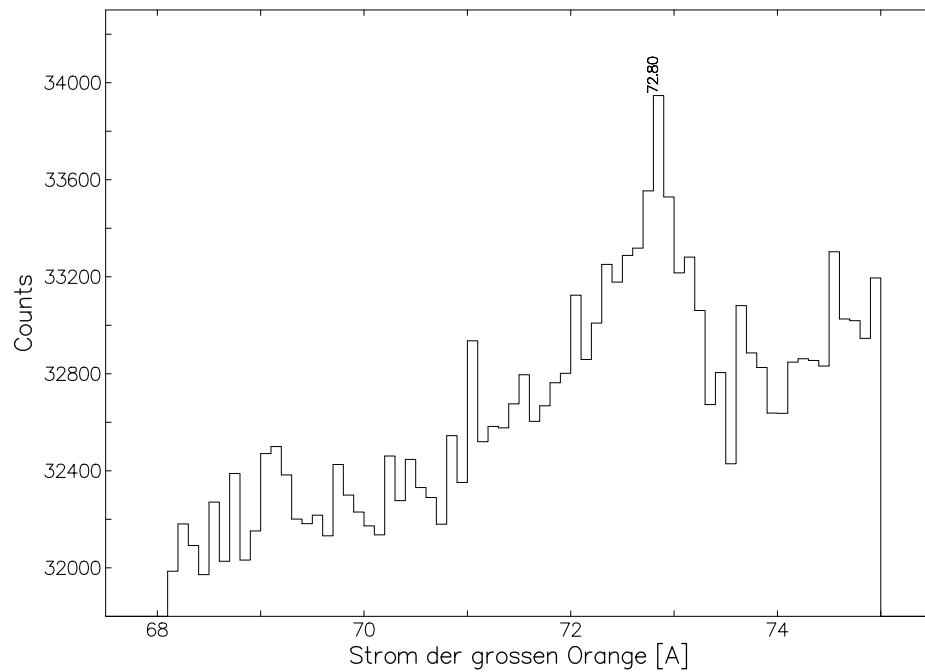


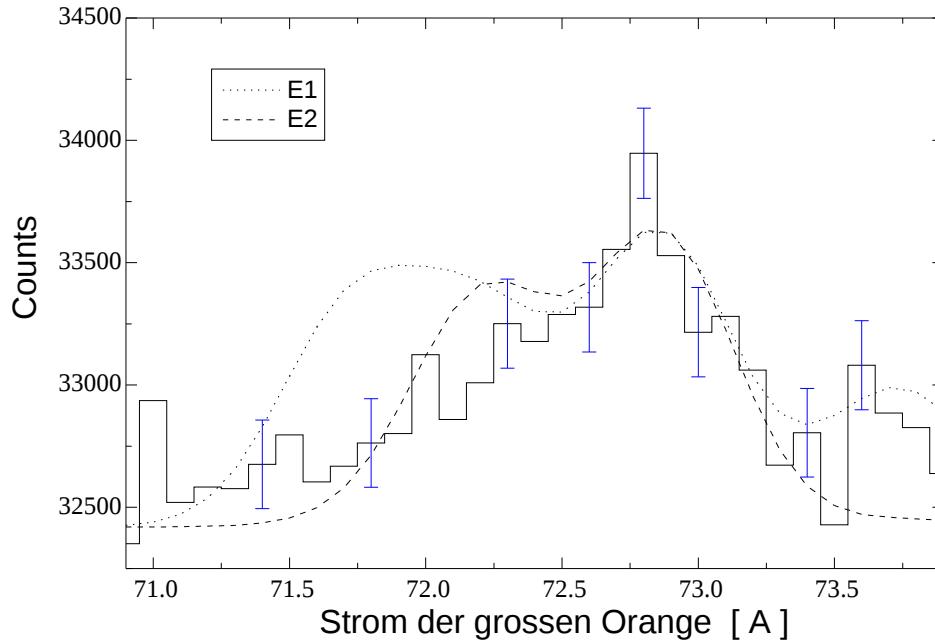
Abbildung 3.3: Stromspektrum der Konversionselektronenmessung am ^{190}Ir

de durch ein geeignetes Fenster auf das Pulshöhenspektrum vom Untergrund bereinigt. Der Peak bei 72.8 A entspricht einer Elektronenenergie von 19.9 ± 0.1 keV (Gl.2.1 und 2.2). In der folgenden Tabelle sind für die M-Unterschalen der 22.45 keV-Linie die entsprechenden Elektronenenergien aufgeführt. Man sieht sehr deutlich, daß die gemessene Linie eindeutig mit der M3-Konversionslinie des 22.45 keV-Übergangs identifiziert werden kann, womit der experimentelle Nachweis gelungen ist. An Hand der Konversionskoeffizienten[RFAP78] kann man auf die Multipolarität des Überganges schließen. Wie Tabelle 3.1 zeigt, dominieren bei einem E2-Übergang die M_2 und M_3 Konversionselektronen, wohingegen bei einem E1 die M_1 , M_2 und M_3 Unterschalen in etwa gleich stark vertreten sein müßten. Dies würde zu einer starken Verbreiterung des 22.45 keV-Peaks führen, die aber nicht mit der Messung zu vereinbaren ist. Für beide Möglichkeiten, den E1 und den E2

Tabelle 3.1: wichtige Daten für die M-Unterschalen des 22.45 keV Überganges

Unterschale	E_e [keV]	$B\rho$ [G·cm]	$I_{gr.ORA}$ [A]	Konversionskoeffizienten α für	
				E1	E2
M1	19.28	472.62	71.46	0.212	8.95
M2	19.54	475.85	71.85	0.199	474.00
M3	19.90	480.30	72.61	0.294	590.00
M4	20.33	485.56	73.40	0.065	8.50
M5	20.41	486.54	73.55	0.083	7.84

Übergang, wurden die M-Unterschalen mit den errechneten Konversionskoeffizienten gefittet. In Abbildung 3.4 sind die gefitteten Peaks in das gemessene Spektrum eingezeichnet. Der Fit für den E2-Übergang zeigt innerhalb der Fehler eine passable Übereinstimmung mit der Messung, wohingegen der Fit für einen möglichen E1-Übergang eine deutliche Abweichung zeigt. Dies läßt die Schlußfolgerung zu, daß es sich bei dem 22.45 keV-Linie um einen E2-Übergang handelt.

Abbildung 3.4: Bestimmung der Multipolarität des 22.45 keV Überganges im ^{190}Ir

sene Spektrum eingezeichnet. Der Fit für den E2-Übergang zeigt innerhalb der Fehler eine passable Übereinstimmung mit der Messung, wohingegen der Fit für einen möglichen E1-Übergang eine deutliche Abweichung zeigt. Dies läßt die Schlußfolgerung zu, daß es sich bei dem 22.45 keV-Linie um einen E2-Übergang handelt.

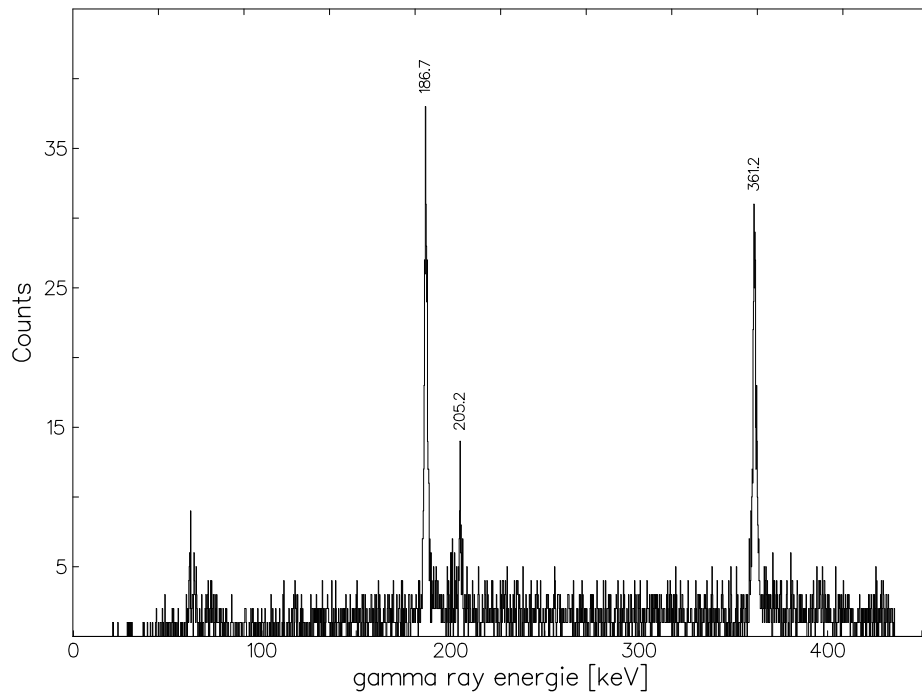
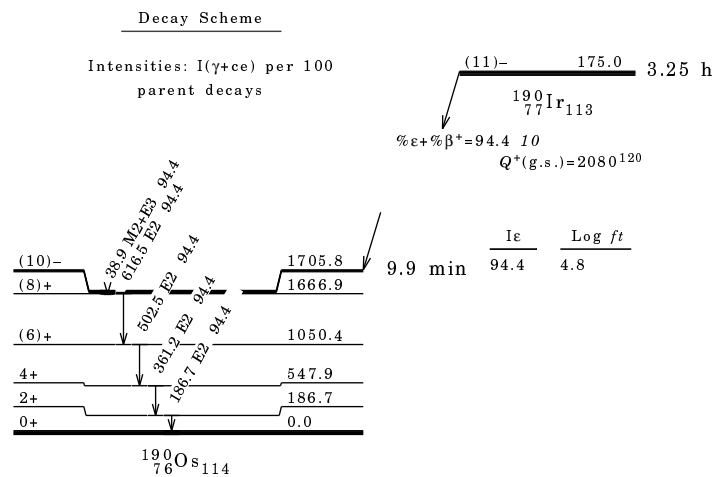
Mit einer ergänzenden e^- - γ -Koinzidenzmessung sollte dann noch die Zugehörigkeit des 22.45 keV-Überganges zu dem in Abbildung 3.2 gezeigten Zweig des ^{190}Ir -Zerfalls bestätigt werden.

3.3 Elektron–Gamma–Messungen

Die e^- - γ -Koinzidenzmessung wurde nicht wie in Kapitel 2.3 mit vier Comptonunterdrückten Germaniumdetektoren, sondern aus logistischen Gründen nur mit einem (nicht Comptonunterdrückten) Germaniumdetektor durchgeführt. Die Einstellung der Elektronik (Aufbau analog zu Abb. 2.4) wurde mit einer ^{22}Na -Quelle, die zwei koinzidente γ -Quanten unter 180° aussendet, vorgenommen. Hierbei wurde die große Orange durch einen γ -empfindlichen Szintillator simuliert.

Die eigentliche Messung verlief ähnlich wie bei der Elektroneneinzelmessung (s. Kap.3.2). Nach einer etwa vierstündigen Bestrahlung stellten wir die große Orange fest auf einen Strom von 72.7 A (das entspricht der M_3 -Konversionslinie des 22.45 keV-Überganges) ein und zeichneten für etwa fünf Stunden das koinzidente γ -Spektrum auf. Das Spektrum in Abbildung 3.5 zeigt das Ergebnis der Messung, wobei es mit Fensterbedingungen auf das Zeit- und Pulshöhenspektrum erzeugt wurde. Man sieht deutlich die erwartete 205.21 keV-Linie. Dies läßt den Schluß zu, daß es sich um einen E1-Übergang handelt, der das 7^+ Niveau bei 227.66 keV entvölkert.

Im Spektrum (Abb. 3.5) sind auch deutlich zwei Linien bei 186.7 keV und 361.2 keV zu erkennen, die dem ^{190}Os zugeordnet werden können. Der metastabile Zustand des Iridium zerfällt zu 95% über eine Elektroneinfang-Reaktion (β^+ -Zerfall) in den 10^- Zustand des Osmiums bei 1705.8 keV (s. Abb.3.6 [Sin90]). In der anschließenden γ -Kaskade gibt es unter anderem einen 38.9 keV (M_2+E_3), einen 361.2 keV und einen 186.7 keV (E_2) Übergang, die wir auch zur internen Eichung des Spektrums verwendet haben. Die L_2 , L_3 -Konversionslinien des 38.9 keV-Überganges im ^{190}Os liegen relativ dicht an den M -Konversionslinien des 22.45 keV-Überganges im ^{190}Ir , so daß wir durch die niederenergetischen Schwänze zum Teil auch deren koinzidente γ -Quanten detektieren.

Abbildung 3.5: γ -Koinzidenzspektrum am ^{190}Ir Abbildung 3.6: Zerfall des $^{190}\text{Ir} \rightarrow ^{190}\text{Os}$

3.4 Interpretation

Dank der großen Vorteile des Orangenspektrometers, gerade im niederenergetischen Bereich, bestätigen die durchgeführten Messungen in sehr überzeu-

gender Weise den bisher nur hypotetisch angenommenen 22.45 keV-Übergang im ^{190}Ir . Auch die Multipolarität konnte an Hand der Einzelspektren bestimmt werden. Leider ließ sich die Lebensdauer des 22.45 keV-Niveaus auch durch e^-e^- -Koinzidenzmessungen nicht brauchbar abschätzen. Das seit Jahren in der Literatur angegebene Zerfallsschema (Abb.3.1) bedarf also einer Korrektur, so wie sie in Abbildung 3.2 dargestellt ist.

Kapitel 4

Spektroskopie an ^{196}Au

4.1 Motivation

Das Interacting-Boson Modell (IBM)[Iac80, Cas90], ein vor einigen Jahren entwickeltes algebraisches Modell zur Beschreibung der Kernstruktur, bemüht sich um eine einheitliche Darstellung der kollektiven Kernanregung. Zu den Vereinfachungen des Modells gehört, daß nur Valenznukleonen berücksichtigt werden, wobei davon ausgegangen wird, daß sich zwei Protonen, bzw. zwei Neutronen zu einem sogenannten „Proton-Boson“, bzw. „Neutron-Boson“ paaren. Das IBM ist anwendbar auf gg-Kerne, da hier nach Voraussetzung alle Nukleonen zu effektiven Proton-, bzw. Neutron-Bosonen gepaart sind. Die vereinfachte Vorstellung, daß die Bosonen in nur zwei Zuständen mit dem Drehimpuls $J = 0$ („s“-Boson) und $J = 2$ („d“-Boson) vorkommen, reduziert die möglichen Wechselwirkungen auf Umwandlungsprozesse zwischen diesen Zuständen. So kann ein „s“-Boson in ein „d“-Boson und zwei „d“-Bosonen in zwei „s“-Bosonen übergehen. Ein analoges Modell dieser effektiven Bosonen findet man in der Theorie der Supraleitung[Buc89, CF84], die zur Erklärung dieses Phänomens sogenannte Cooper-Paare einführt. Es handelt sich dabei um zwei Elektronen (Fermionen) mit entgegengesetzten Impulsen, die zum Gesamtspin Null koppeln und als eine Einheit (Boson) betrachtet werden; analog also zu den „s“-Bosonen im IBM. Die „d“-Bosonen können als eine Verallgemeinerung mit verbleibendem Drehimpuls verstanden werden. Da für Bosonen kein Pauli-Verbot existiert, wird der Grundzustand eines Kerns dadurch beschrieben, daß alle Nukleonenpaare als „s“-Bosonen vorkommen und sich im gleichen Energiezustand befinden. Unter der Voraussetzung, daß ein Boson nur den Drehimpuls $J = 0$ ($M = 0$) oder $J = 2$ ($M = -2, -1, 0, 1, 2$) besitzt, kann solch ein bosonischer Zustand

durch eine sechsdimensionale Algebra ($U(6)$) vollständig beschrieben werden.

Das Interacting-Boson-Fermion Modell (IBFM), eine Erweiterung auf ug- und gu-Kerne, bringt ein ungepaartes Fermion mit sich, das mit den Bosonen wechselwirkt.

Der Hamiltonoperator $\mathcal{H}_{IBFM}$ kann daher in drei Anteile zerlegt werden [CF84]. $\mathcal{H}_{IBM}$ beschreibt das System des benachbarten gg-Kerns, das durch das IBM vorhergesagt wird, $\mathcal{H}_{SP}$ beschreibt den Anteil des einzelnen Fermions und $\mathcal{H}_{INT}$ beschreibt die Wechselwirkung zwischen den Bosonen und dem Fermion, so daß sich für den gesamten Hamiltonoperator eines gu-, bzw. ug-Kerns folgendes ergibt:

$$\mathcal{H}_{IBFM} = \mathcal{H}_{IBM} + \mathcal{H}_{SP} + \mathcal{H}_{INT} \quad (4.1)$$

Das Boson-Fermion System läßt sich dabei durch eine Algebra beschreiben, die sich aus dem Produkt von Boson- und Fermionraum ($U(6) \otimes U(\Omega)$) zusammensetzt. Dabei berechnet sich die Dimension Ω des Einteilchenraumes in Abhängigkeit der in Frage kommenden Drehimpulse j wie folgt:

$$\Omega = \sum (2j + 1) \quad (4.2)$$

Die konsequente Erweiterung dieses Modells auf uu-Kerne führt zum Interacting-Boson-Fermion-Fermion Modell (IBFFM), das eine Wechselwirkung zwischen den Fermionen berücksichtigt, also eine Kopplung zwischen Proton und Neutron. Der Raum, der diese Kerne beschreibt, setzt sich zusammen aus dem Produkt der beiden Bosonenräume (Proton und Neutron), sowie den beiden Fermionenräumen (einzelnes Proton, bzw. Neutron). Die Dimension der beiden Einteilchenräume berechnet sich dabei nach Gleichung 4.2 und die beiden Bosonenräume werden wie bereits besprochen durch eine $U(6)$ -Algebra repräsentiert. Demnach ergibt sich für den Produktraum folgende Darstellung:

$$U_{\pi}^B(6) \otimes U_{\pi}^F(\Omega_{\pi}) \otimes U_{\nu}^B(6) \otimes U_{\nu}^F(\Omega_{\nu}) \quad (4.3)$$

Bettet man diesen Produktraum (Gl. 4.3) in das direkte Produkt der Supergruppen $U_{\pi}(6/\Omega_{\pi}) \otimes U_{\nu}(6/\Omega_{\nu})$ ein, so können in diesem supersymmetrischen Raum alle vier Kerne eines sogenannten Supermultiplets simultan beschrieben werden, haben also alle den gleichen Hamiltonoperator. Ein Supermultiplett, das aus benachbarten gg-, gu-, ug- und uu-Kernen besteht, wird durch die Summe von Bosonen und Fermionen charakterisiert.

Als bester Kandidat für die Anwendbarkeit dieser Theorie gilt das Quartett bestehend aus ^{195}Au , ^{196}Au , ^{194}Pt und ^{195}Pt , weil bei diesen Kernen die entsprechenden Symmetriegruppen am besten realisiert sein sollen [IJHF85, JDK⁺95]. Die nächsten Schalenabschlüsse (magische Zahlen) der hier betrachteten Kerne liegen für die Protonen (π) bei 82 und für die Neutronen (ν) bei 126, so daß sich die charakteristische Summe N des Supermultipletts wie folgt berechnet:

$$N = N_\nu + N_\pi + M_\nu + M_\pi \quad (4.4)$$

wobei N (M) die Anzahl der Bosonen (Fermionen) ist.

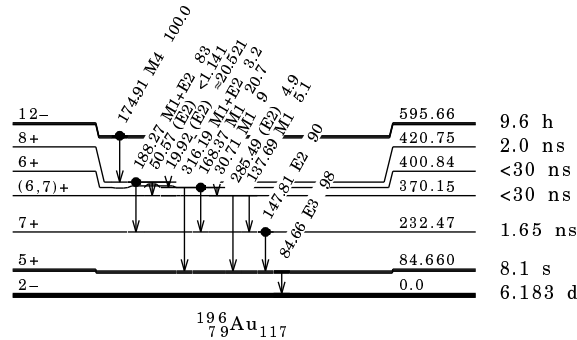
$$\begin{aligned} ^{194}\text{Pt}_{116}: \quad N &= \frac{10}{2} + \frac{4}{2} + 0 + 0 = 7 & ^{195}\text{Au}_{116}: \quad N &= \frac{10}{2} + \frac{2}{2} + 0 + 1 = 7 \\ ^{195}\text{Pt}_{117}: \quad N &= \frac{8}{2} + \frac{4}{2} + 1 + 0 = 7 & ^{196}\text{Au}_{117}: \quad N &= \frac{8}{2} + \frac{2}{2} + 1 + 1 = 7 \end{aligned}$$

Betrachtet man die Zustände des Schalenmodells, so befindet sich das ungepaarte Proton im $2d_{3/2}$ -Niveau. Nach Gleichung 4.2 wird dadurch ein vierdimensionaler Fermionenraum ($U_\pi^F(4)$) aufgespannt. Für das ungepaarte Neutron kommen die Schalenmodellzustände $3p_{1/2}$, $3p_{3/2}$ und $2f_{5/2}$ in Frage, so daß ein 12 dimensionaler ($\Omega_\nu = \sum_{j_\nu=1/2,3/2,5/2} (2j_\nu + 1) = 12$) Fermionenraum ($U_\nu^F(12)$) aufgespannt wird. Nach Gleichung 4.3 lassen sich die vier Kerne des Supermultipletts in einem Raum beschreiben, der folgende Symmetrie aufweist:

$$U_\pi(6/4) \otimes U_\nu(6/12) \supset U_\pi^B(6) \otimes U_\pi^F(4) \otimes U_\nu^B(6) \otimes U_\nu^F(12) \quad (4.5)$$

Da alle Kerne des beteiligten Supermultipletts durch den gleichen Hamiltonoperator beschrieben werden, läßt sich mit Hilfe der Boson–Boson und Boson–Fermion Wechselwirkungsstärken benachbarter ug–, gu– und gg–Kerne ein Teil der angeregten Kernzustände des uu–Kerns vorhersagen. Für das ^{196}Au lassen sich mit Hilfe des IBFFM die niederenergetischen Zustände negativer Parität vorhersagen, die in Abbildung A.3 [Jol96] dargestellt sind. Wie bereits erwähnt, ist bisher nur sehr wenig über das Zerfallsschema des ^{196}Au (s. Abb. 4.1 [GZ95, RBV⁺93]) bekannt. Unter der Leitung von J. Jolie¹ [JDK⁺95] wurden daher eine Reihe von Messungen geplant bzw. bereits durchgeführt.

¹Université de Fribourg

Abbildung 4.1: Niveauschema des ^{196}Au

4.2 Elektroneinzel-Messungen

Um einen Überblick über die Konversionsspektren des ^{196}Au zu bekommen, wurden in einer ersten Messung Einzelspektren der $^{196}\text{Pt}(d,2n)$ Reaktion aufgenommen. Aus Messungen der Anregungsfunktion am Paul-Scherrer-Institut[Boe95] kennt man die geeignete Deuteronenenergie, die bei etwa 13 MeV liegt. Am Bonner Zyklotron liegen wir damit an der unteren Grenze des realisierbaren Energiebereiches, so daß wir unser $400\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ^{196}Pt Target mit einer Energie von $E_d = 13.9$ MeV bestrahlt haben. Aufgezeichnet wurde das Strom-, das Pulshöhen- und das e-Hf-TAC-Spektrum, wobei die effektive Meßzeit etwa zehn Stunden betrug.

In diesem Experiment wurden zwei verschiedene Bereiche vermessen. Zum einen der Strombereich von $I=130$ – 210 A (entspricht $E_e \approx 80$ – 150 keV), zum anderen der von $I=190$ – 530 A (entspricht $E_e \approx 130$ – 650 keV). Wie schon in Kapitel 2.6 beschrieben, werden die Spektren durch eine „sliding-window“-Analyse vom Untergrund bereinigt. Dies soll hier noch einmal an einem konkreten Beispiel (für die Messung über den größeren Strombereich) erläutert werden.

In einem ersten Schritt erzeugt man sich mit dem Programm ORA durch enge Fenster auf das Stromspektrum Pulshöhenspektren für eine bestimmte Energie. Dies wurde für fünf Energien ($I=198.2$ A, 235.1 A, 296.2 A, 338.5 A und 406.0 A) durchgeführt, wobei die Fensterbreite etwa ein Ampere betrug. Die entsprechenden Pulshöhenspektren wurden bereits in Abbildung 2.5 dargestellt. Mit einem geeigneten Programm² fittet man an die jeweils bestimmten Fenstergrenzen ein Polynom an (siehe Abb.4.2). In einem zwei-

²z.B. Microcal Origin

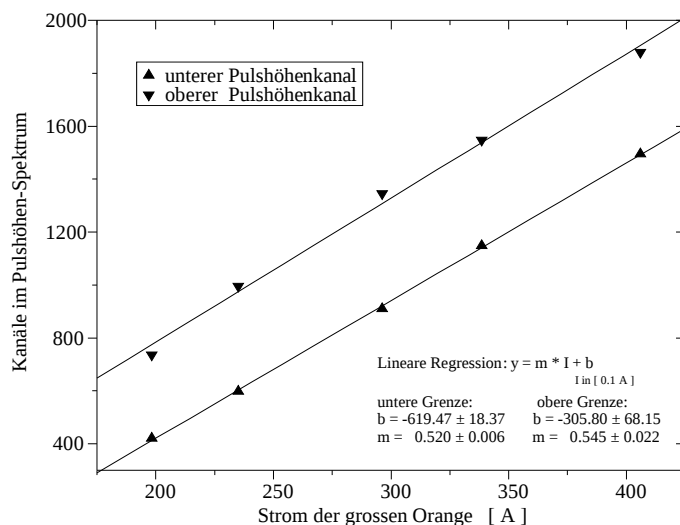


Abbildung 4.2:
Bestimmung der
„sliding-window“
Grenzen am Beispiel
der $^{196}\text{Pt}(d,2n)$ Re-
aktion; gemessen in
einem Strombereich
von $I=190\text{--}530\text{ A}$.

ten Schritt gibt man die so gewonnenen Fitparameter in das Programm ORA ein und erzeugt sich so ein Stromspektrum mit der „sliding-window“ Methode. Abbildung 4.3 stellt den Unterschied zwischen den beiden Filtermethoden dar.

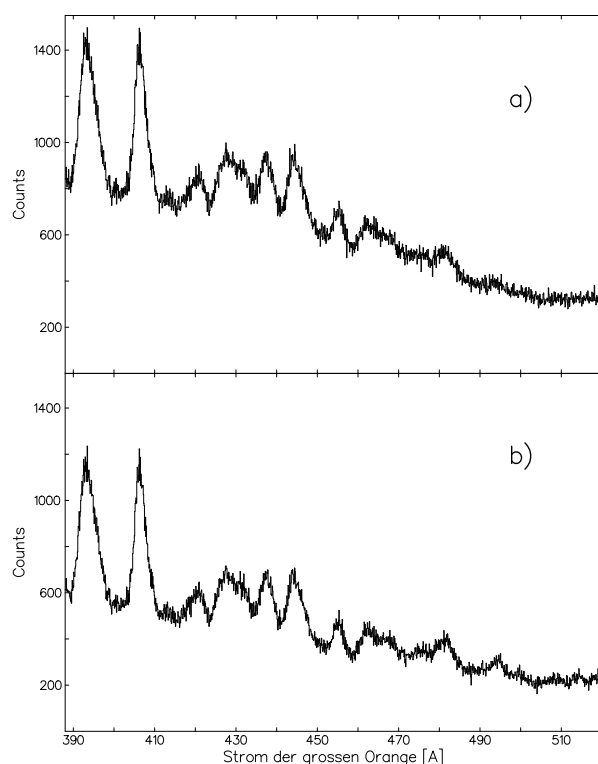


Abbildung 4.3: Das Spektrum a) wurde mit einer festen Fensterbedingung auf die Pulshöhe und das Spektrum b) mit einer „sliding-window“ Analyse erzeugt. Durch die energieabhängige Fensterbedingung werden Untergrundereignisse, die nicht von Elektronen herrühren, nahezu vollständig unterdrückt. Dadurch kommen besonders im höherenergetischen Bereich die Peaks besser heraus.

4.2.1 Auswertung der Spektren

Zunächst wurde mit den in Tabelle 4.1 aufgeführten Linien eine Eichung ermittelt, wobei an die betreffenden Linien eine Gaußkurve mit niederenergetischem Schwanz durch das Programm FitM angepasst wurde. Mittels linearer

Tabelle 4.1: Eichlinien der Elektroneinzelmessungen

Linie	I [A]	$B\rho$
147.81 L ₂ (^{196}Au)	198.26	1312.8
147.81 L ₃ (^{196}Au)	199.85	1323.1
174.91 L ₁ (^{196}Au)	219.56	1454.0
174.91 L ₃ (^{196}Au)	221.43	1465.9
261.79 K (^{195}Au)	235.12	1556.8
278.84 K (^{197}Au)	247.84	1640.7
355.69 K (^{196}Pt)	302.48	2002.1
346.5 L ₁ (^{197}Pt)	338.77	2242.4
346.5 L ₃ (^{197}Pt)		

Regression wurde die folgende Eichung bestimmt:

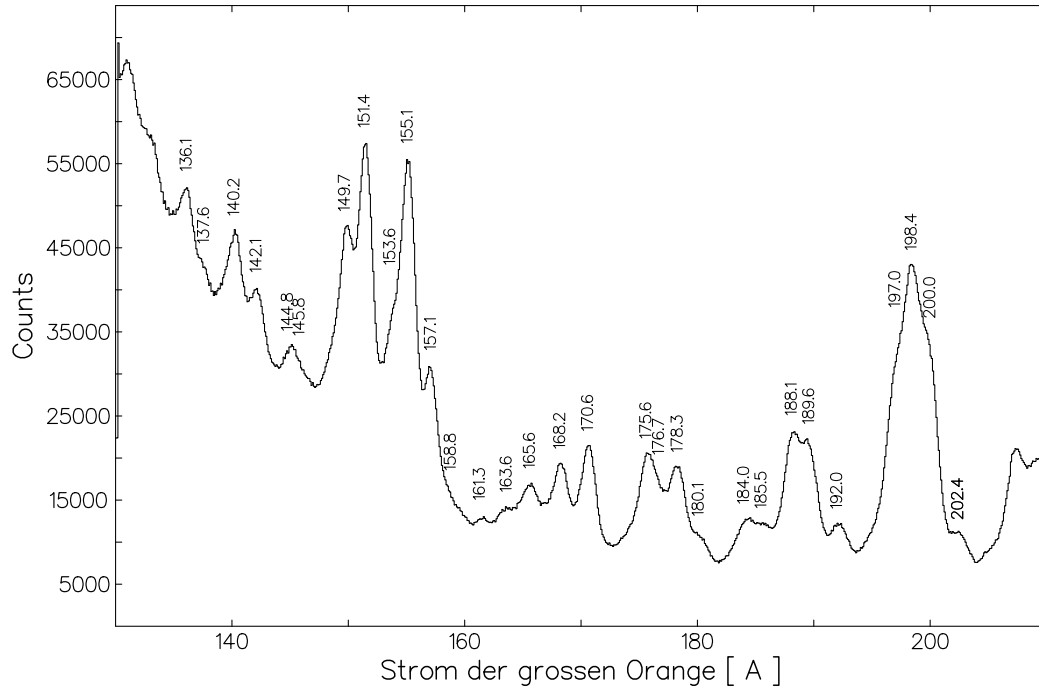
$$I \text{ [A]} = 0.15115 \cdot B\rho \text{ [G} \cdot \text{cm]} - 0.16 \quad (4.6)$$

Das Spektrum in Abbildung 4.4 wurde mit einer „sliding-window“ Analyse und einem Fenster auf die prompten e-Hf-TAC Ereignisse erzeugt.

Es fällt auf, daß der Untergrund mit niedrigeren Energien stark zunimmt. Diese Zunahme hat ihre Ursache in den sogenannten δ -Elektronen³, deren Anteil sich ungefähr wie E_δ^{-9} verhält [Vil81]. Mit einigen starken Linien wurde eine Funktion für die Gaußbreite bestimmt, und anschließend das ganze Spektrum gefittet. Die Tabelle B.1 gibt einen Überblick über die gefundenen Linien und ihre mögliche Zuordnung.

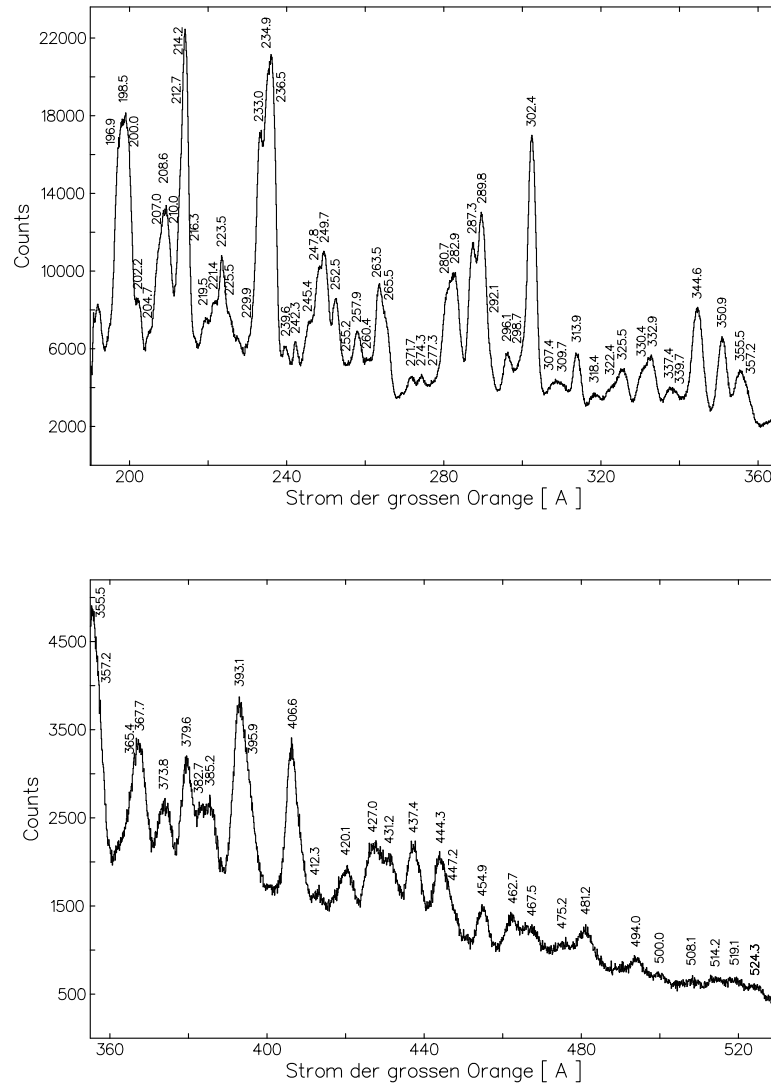
Mit der gleichen Methode wurde auch das Spektrum für den Strombereich von 190–530 A erzeugt, das in Abbildung 4.5 dargestellt ist, und dessen Konversionslinien in Tabelle B.2 aufgelistet sind.

³Es handelt sich dabei um Elektronen, die durch das Projektil aus der Hülle gestreut werden. Diese Streuung erfolgt zum Großteil in Strahlrichtung.

Abbildung 4.4: Konversionsspektrum für den Strombereich von $I=130\text{--}210\text{ A}$

4.2.2 Ergebnisse

In einer ersten Analyse der Spektren versucht man, bereits bekannte Linien zu identifizieren, und greift sich dann relativ starke, unbekannte Linien heraus und nimmt an, daß es sich zum Beispiel um eine K- oder L-Konversionslinie im Gold handelt. Mit Hilfe der Bindungsenergien kann man die tatsächliche Übergangsenergie berechnen und entsprechend auf die Energien der anderen Konversionslinien schließen. Findet man einen Teil dieser Linien tatsächlich im Spektrum wieder, so wird man in seiner Annahme bestärkt. Als Beispiele seien der 177.33 keV und 135.23 keV Übergang genannt, die man auf diese Art jeweils einem Gold-Isotop zuordnet. Vom 177.33 keV Übergang kann man die K($I=165.6\text{ A}$), L_1 ($I=221.4\text{ A}$) und M($I=229.9\text{ A}$) Konversionslinien ausmachen und vom 135.23 keV Übergang die L_2 ($I=188.1\text{ A}$), L_3 ($I=189.6\text{ A}$) und M($I=197.0\text{ A}$) Linien. Eine sichere Zuordnung ist mit diesen Daten allein jedoch nicht möglich. Als gute Ergänzung bietet sich eine $e^- - \gamma$ -Koinzidenzmessung an. Handelt es sich bei den Linien mit $I=188.1\text{ A}$, 189.6 A und 197.0 A wirklich um Konversionslinien des 135.23 keV Übergan-

Abbildung 4.5: Konversionsspektrum für den Strombereich von $I=190\text{--}530\text{ A}$

ges in einem Gold Isotop, so müßten die jeweiligen koinzidenten γ -Spektren nahezu identisch sein.

4.3 Elektron–Gamma–Messungen

Die e^- – γ -Koinzidenzmessungen wurden mit dem in Kapitel 2.3 beschriebenen Aufbau durchgeführt. Als Target verwendeten wir wieder die $400\mu\text{g}/\text{cm}^2$

^{196}Pt –Folie, die wir mit einem Deuteronenstrom von $I_{\text{Cup}} \approx 40$ nA und einer Energie von $E_d = 13.7$ MeV beschossen. Die Meßzeit für jedes „Elektronengate“ betrug etwa sechs bis neun Stunden.

4.3.1 Analyse

Bevor die vier Germaniumspektren addiert werden können, muß man zunächst für jeden Detektor eine Eichung ermitteln. Da für eine interne Eichung zuwenig Linien bekannt sind, wurde mit den in Tabelle 4.2[LS78] aufgeführten Linien einer $^{152}_{63}\text{Eu}$ Quelle geeicht. Mit dem Programm „GF2“ wurden an

Tabelle 4.2: Übersicht über die verwendeten $^{152}_{63}\text{Eu}$ Eichlinien und ihre relativen Intensitäten

$E_\gamma [\text{keV}]$	rel. I_γ
121.78	1362
244.69	358
344.27	1275
411.12	107
443.97	148
778.90	619
867.38	199
964.13	692

die entsprechenden Linien in der Messung Gaußkurven angepasst und anschließend die Parameter der Eichung mit dem Programm „ENCAL“ (beides Programme des RADWARE–Paketes[Rad]) ermittelt. Dabei wurde Detektor 3 linear und die anderen quadratisch geeicht. Zur Untergrundreduktion wurden Fenster auf die Pulshöhe (kein „sliding window“, da man sich fest auf eine Elektronenenergie gesetzt hatte), den e^- –Hf–TAC und die jeweiligen e^- – γ –TACs gesetzt. Mit den Eichparametern und Fensterbedingungen wurden dann mit dem Programm ORA untergrundreduzierte, geeichte Spektren erzeugt, die man nun leicht addieren kann. Indem man sich in den e^- – γ –TAC–Spektren rechts und links neben die Prompte setzt, kann man sich ein Zufälligenpektrum erzeugen. Da unsere TACs aber nicht linear in der Zeit sind und auch kein gleichbleibendes Ansprechverhalten haben, ist eine vollständige Reduktion der Zufälligenlinien durch die Subtraktion des Zufälligenpektrums nicht möglich.

4.4 Interpretation

4.4.1 Der 135.23 keV Übergang

Wie schon in Kapitel 4.2.2 geschildert, sollten die mit den Konversionslinien eines Überganges koinzidenten γ -Spektren nahezu identisch sein. Um die Zuordnung der Linien im Einzelspektrum bei $I=188.1$ A, 189.6 A und 197.0 A mit den L_2 -, L_3 - und M-Konversionslinien eines 135.23 keV Überganges zu bestätigen, betrachtet man die gemessenen γ -Spektren (siehe Abb. 4.7). Es fällt auf, daß Spektrum a) und b) in etwa gleich aussehen, wohingegen in Spektrum c) deutlich mehr Linien enthalten sind. Im Folgenden soll eine genaue Analyse erfolgen. Die Linien, die tatsächlich mit dem 135.23 keV Übergang koinzident sind, sollten untereinander das gleiche Intensitätsverhältnis haben. In Abbildung 4.6 ist das Flächenverhältnis (Werte aus Tabelle

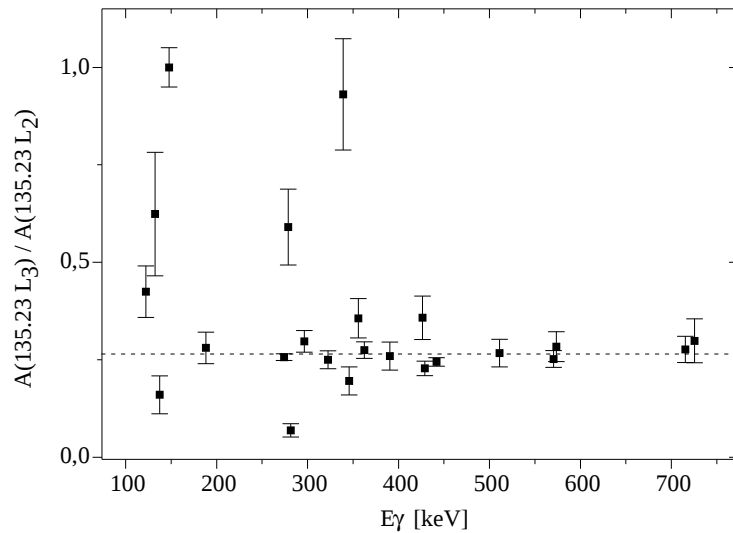


Abbildung 4.6: Flächenverhältnisse der γ -Linien im 135.23 L_2 und L_3 Koinzidenzspektrum

C.9 und C.10) der Linien im L_3 - zu den Linien im L_2 -Koinzidenzspektrum über der Energie aufgetragen. Es ist zu erkennen, daß das Verhältniss für den Großteil der Linien konstant ist, diese also mit dem gleichen Übergang in Koinzidenz sind (in Abb. 4.7 mit * markiert). In Spektrum b) ist die 147.81 keV-Linie ($7^+ \rightarrow 5^+$ im ^{196}Au) sehr stark vertreten. Dieser Übergang ist mit dem 137.69 keV M1-Übergang in Koinzidenz (siehe Niveauschema in Abb.4.1), dessen L_1 -Konversionslinie ($I=189.3$ A) mit in dem Gate der

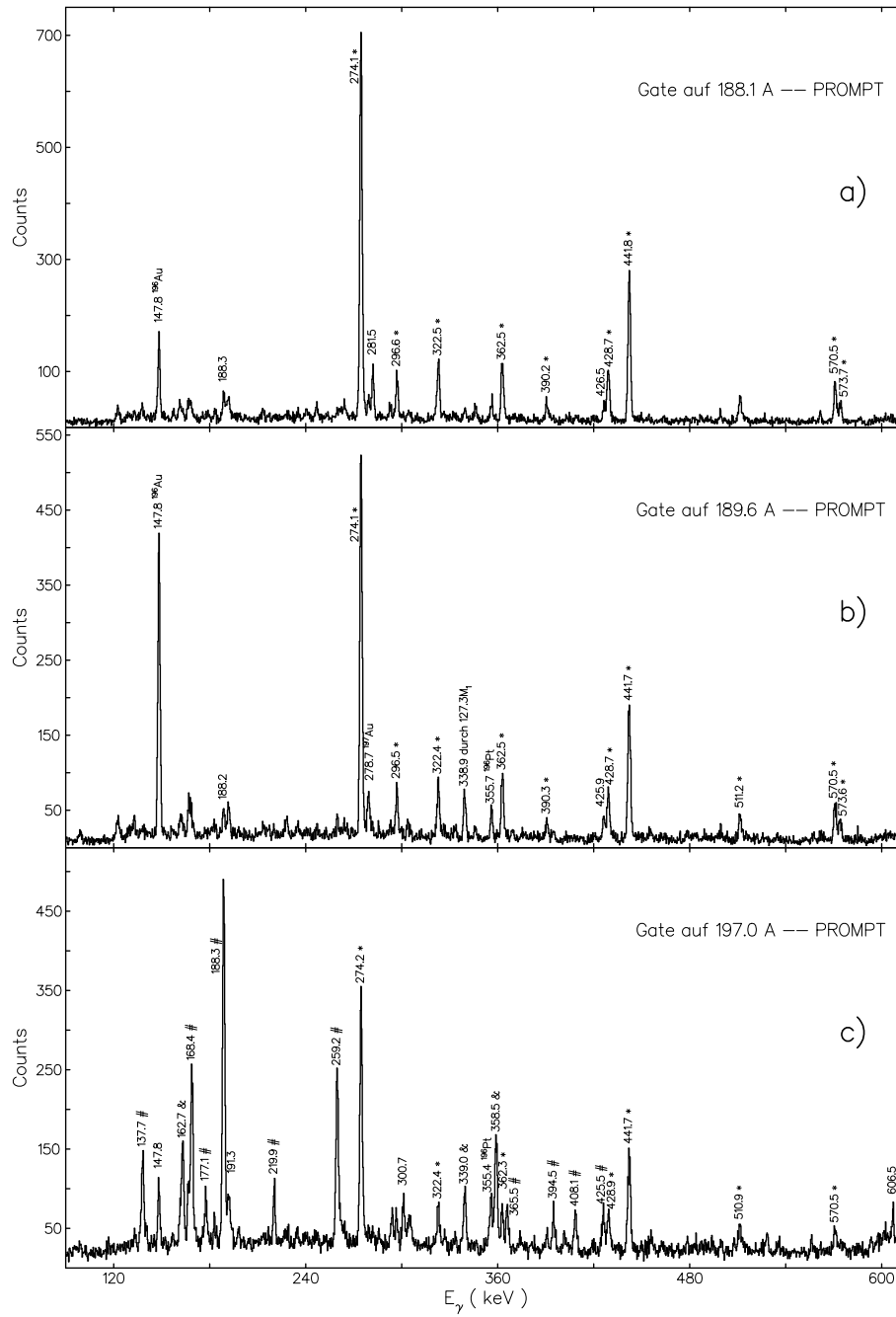


Abbildung 4.7: γ -Koinzidenzspektren, in a) Koinzidenz mit der 135.23 L_2 , b) Koinzidenz mit der 135.23 L_3 und c) Koinzidenz mit der 135.23 M Linie

135.23 L₃-Konversionslinie (I=189.6 A) liegt. Ausläufer dieser Linie erklären ein schwächeres Auftreten des 147.81 keV-Überganges in Spektrum a). Eine weitere Beimischung in die beiden Spektren bekommt man durch die L₃-Konversionslinie des 130.16 keV Überganges im ^{197}Au , deren Ausläufer auch mit unter den jeweiligen Gates liegen. Dies erklärt die Linie bei 278.7 keV. Der Peak bei 355 keV, der in fast allen Spektren auftritt, ist ein Zufälligeignis, das dem $2^+ \rightarrow 0^+$ Übergang im ^{196}Pt zugeordnet werden kann. Dieser Übergang hat im Einzelspektrum die größte Intensität [Boe95]. Bedient man sich der im März 1996 am Paul-Scherrer-Institut durchgeführten γ - γ -Koinzidenzmessungen, so kann man trotz der schlechten Statistik dieser Messung das Auftreten der 339.0 keV-Linie im Spektrum b) begründen. Erzeugt man das γ -Spektrum mit einem Fenster auf diese Linie, so findet

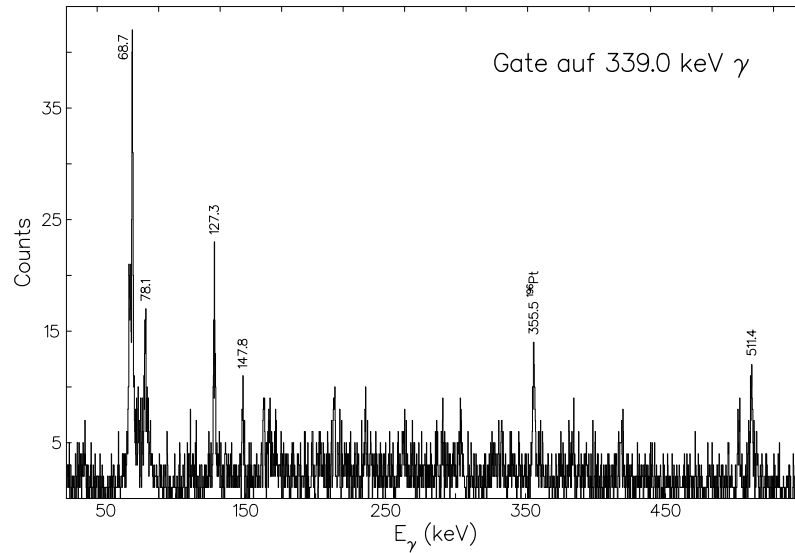


Abbildung 4.8: γ - γ -Koinzidenzspektrum mit Fenster auf die 339.0 keV γ -Linie

man einen 127.3 keV-Übergang, der also mit dem 339.0 keV-Übergang koinzident ist (s. Abb. 4.8). Schreibt man diesen 127.3 keV-Übergang einem Gold-Isotop zu, so liegt die M₁-Konversionslinie bei einer Elektronenenergie von $E_e = 123.88$ keV, also mit unter dem Gate auf die 135.23 L₃-Linie ($E_e = 123.31$ keV).

Auch die zahlreichen Linien in Spektrum c) lassen sich erklären. Ein Blick auf Abbildung 4.4 macht deutlich, daß unter dem Gate auf die

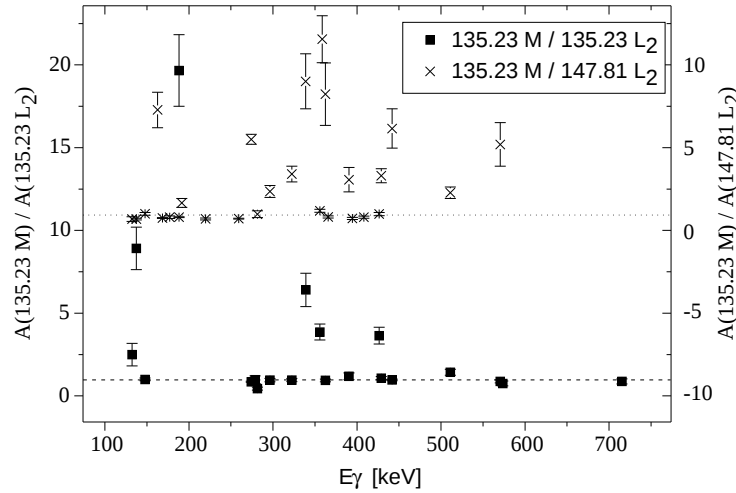


Abbildung 4.9: Flächenverhältnisse der γ -Linien im 135.23 M und L_3 Koinzidenzspektrum und die der im 135.23 M und 147.81 L_2 Koinzidenzspektrum

135.23 M-Konversionslinien⁴ ($I=197.0$ A) auch ein Teil der 147.81 $L_{2,3}$ -Konversionslinien ($I=198.4$ A, bzw. 200.0 A) liegt. In Abb. 4.9 sind sowohl die Flächenverhältnisse der Linien aus Spektrum c) zu denen aus a), als auch die aus Spektrum c) zu den Linien aus dem 147.8 L_2 -Gate (s. Abb. C.12) dargestellt. Die konstanten Verhältnisse erlauben die Zuordnung der Koinzidenzen, wobei in Abbildung 4.7 Koinzidenzen mit dem 135.23 Übergang durch * und die mit dem 147.81 Übergang durch # markiert sind. Bedient man sich wieder der γ - γ -Daten und setzt ein Fenster auf die in Spektrum c) relativ starke 358.5 keV-Linie, so erhält man ein Koinzidenzspektrum, in dem ein 212.8 keV-Übergang sehr stark vertreten ist. Dieser Übergang, so kann man den Daten entnehmen, ist mit einer 162.6 keV, der 358.5 keV und schwach mit einer 339.0 keV-Linie in Koinzidenz. Gehört dieser 212.8 keV-Übergang zum Gold, so liegt seine K-Konversionslinie bei $E_e = 132.1$ keV also mit unter dem Gate auf die 135.23 M-Konversionslinien ($E_e = 132.2$ keV). Dies erklärt das Auftreten der drei mit & markierten Linien in Spektrum c) der Abbildung 4.7

Wie die vorangegangene Argumentation zeigt, sind die drei Linien im Elektroneinzelspektrum tatsächlich Konversionslinien des 135.23 keV-Überganges eines Gold-Isotops. Man kann aus den Daten der Einzelspektren sogar auf die Multipolarität dieses Überganges schließen. Tabelle 4.3 [RFAP78] gibt die Stärke der Konversion für verschiedene Multipolaritäten an. Betrachtet

⁴die Unterschalen können nicht aufgelöst werden

Tabelle 4.3: Konversionskoeffizienten des 135.23 keV und 121.8 keV Überganges

für Au: Z=79		$\alpha(E_1)$	$\alpha(E_2)$	$\alpha(M_1)$
135.23	L ₁	0.0178	0.0528	0.4000
	L ₂	0.0054	0.4680	0.0380
	L ₃	0.0052	0.3490	0.0035
	$\Sigma M_{1,2,3}$		0.2240	
212.82	K	0.0510	0.1450	0.7380

man das Einzelspektrum (Abb.4.4), so stellt man fest, daß die Stärke der L₂, L₃-Konversionslinien in etwa gleich ist, wohingegen man die L₁-Linie gar nicht ausmachen kann. Vergleicht man diese Beobachtung mit den Werten in Tabelle 4.3, so kann es sich bei dem 135.23 keV-Übergang nur um eine E2 Multipolarität handeln.

Da die K-Konversionlinie des 212.8 keV und die M-Konversionslinien des 135.23 keV Überganges unter demselben Gate liegen, und man ihre jeweiligen γ -Intensitäten aus der Arbeit von S. Boehmsdorff[Boe95] kennt, soll versucht werden, die Multipolarität des 212.8 keV Überganges abzuschätzen. Das Intensitätsverhältnis der beiden Konversionslinien berechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned}
 \frac{I_e(212.8 \text{ K})}{I_e(135.2 \text{ M})} &= \frac{\alpha_K(212.8) \cdot I_\gamma(212.8)}{\alpha_M(135.2) \cdot I_\gamma(135.2)} \\
 &= \frac{\alpha_K(212.8) \cdot 519}{0.224 \cdot 395} = \begin{cases} 0.30 & \text{E1} \\ 0.85 & \text{E2} \\ 4.35 & \text{M1} \end{cases} \quad (4.7)
 \end{aligned}$$

Würde es sich bei dem 212.8 keV-Übergang also um M1-Multipolarität handeln, dann müßten die mit diesem Übergang koinzidenten Linien mehr als viermal stärker im Spektrum vertreten sein, als die des 135.23 keV-Überganges. Dies ist aber nicht der Fall, da sonst die in Spektrum c) (Abb. 4.7) mit & markierten Linien deutlich stärker sein müßten. Vielmehr deutet die Intensität dieser Linien auf einen E1 Übergang hin, wobei aber E2-Multipolarität nicht gänzlich ausgeschlossen werden kann.

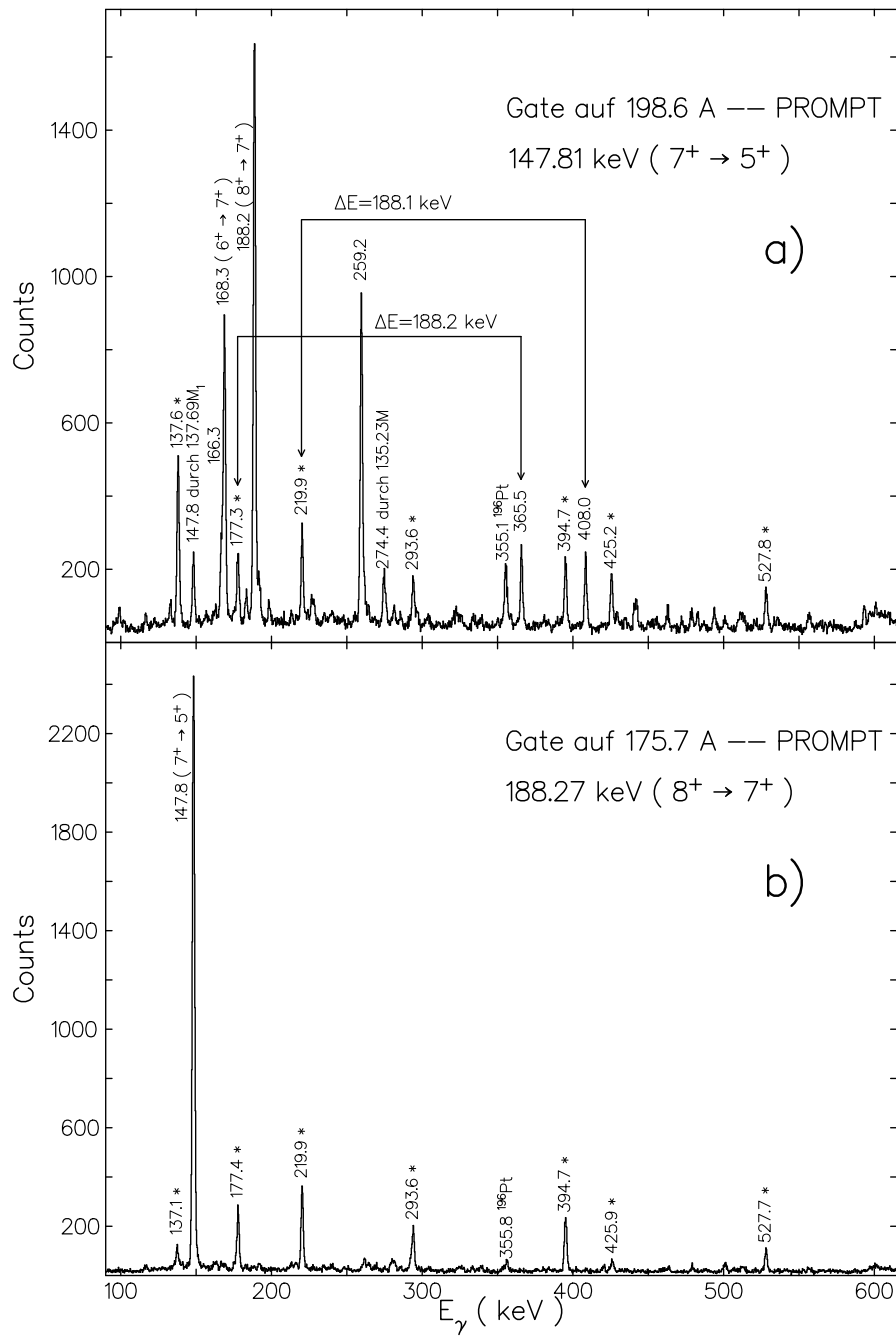


Abbildung 4.10: γ -Koinzidenzspektren, in a) Koinzidenz mit der 147.81 L₂ und in b) Koinzidenz mit der 188.27 L₃ Linie

4.4.2 Das 147.81 keV L_2 -Gate

In Abbildung 4.10 sind die γ -Koinzidenzspektren des 147.81 keV L_2 - und des 188.27 keV K-Gates dargestellt, deren Einordnung in das Niveauschema des ^{196}Au bekannt ist (s. Abb. 4.1). Übergänge, die in beiden Spektren auftreten, also mit beiden Linien koinzident sind, sind mit einem * markiert. In Spektrum b) tritt natürlich noch der 147.81 keV ($7^+ \rightarrow 5^+$) Übergang auf; damit sind die wesentlichen Linien in diesem Spektrum verstanden.

In Spektrum a) treten neben den bereits markierten noch der $6^+ \rightarrow 7^+$ (168.37 keV) und der $8^+ \rightarrow 7^+$ (188.27 keV) Übergang auf, wie es nach dem Niveauschema (s. Seite 22) auch zu erwarten war. Unter dem Gate auf die 147.81 keV L_2 -Linie ($I=198.6$ A) liegt auch die M_1 -Konversionslinie des 137.69 keV Überganges ($I=198.50$ A), wodurch es auch in Spektrum a) zu einem Auftreten der 147.81 keV-Linie kommt. Wie in Kapitel 4.4.1 gezeigt, ist der 274.2 keV-Übergang in starker Koinzidenz mit dem 135.23 keV-Übergang. Eine Beimischung dieses Überganges, die durch Ausläufer der M -Konversionslinien zustande kommt, begründet das Auftreten der 274.4 keV-Linie. Damit ist auch Spektrum a) weitestgehend verstanden.

Es fällt auf, daß der Energieunterschied zwischen der 365.53 keV und der 177.35 keV, sowie der 408.08 keV und der 219.94 keV Linie jeweils 188.18 keV, bzw. 188.14 keV beträgt, und daß die jeweils niederenergetischeren Linien mit dem 188.27 keV-Übergang in Koinzidenz sind, die höherenergetischeren Linien aber nicht. Zum Verständnis dieses Phänomens ist es notwendig, zwei

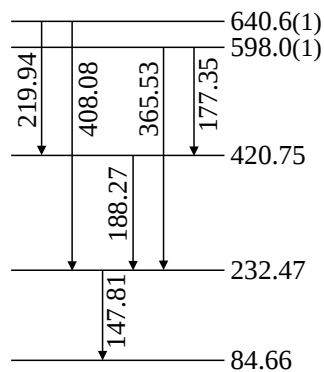


Abbildung 4.11: Zwei neue Niveaus im ^{196}Au bei 598.0 keV und bei 640.6 keV

neue Niveaus bei 598.0 keV und 640.6 keV zu postulieren (s. Abb.4.11). Ein Blick in die schon erwähnten γ - γ -Daten verstärkt diese Annahme. Wie es das Niveauschema in Abb. 4.11 fordert, ist die 219.94 keV (bzw. 177.35 keV) Linie sowohl mit der 188.27 keV als auch mit der 147.81 keV Linie in Koinzidenz. Die Übergänge bei 365.53 keV (bzw. 408.08 keV) hingegen sind nicht mit der 188.27 keV-Linie koinzident. In den Einzelspektren kann man die

K-Konversionslinien des 219.94 keV- und 365.53 keV-Überganges, sowie die K-, L₁- und L₂-Konversionslinien des 177.35 keV-Überganges und andeutungsweise auch die M₁-Konversionslinie des 408.08 keV-Überganges identifizieren, womit gesichert ist, daß die Übergänge wirklich zum Gold gehören.

4.4.3 Winkelverteilungseffekte

Die Geometrie des e⁻- γ -Aufbaus ist derart, daß jeweils zwei Detektoren unter 90° und 50° zur Strahlachse montiert sind. Betrachtet man die Spektren der beiden Detektorpaare, so fallen relative Intensitätsunterschiede auf, die durch Winkelverteilungseffekte erklärt werden können. Durch den großen Öffnungswinkel und den symmetrischen Aufbau der Orange hat die Koinzidenz mit den Konversionselektronen keinen Einfluß auf die Winkelverteilung, sondern dient nur als Kanalselektor für die γ -Spektren [ABE⁺93]. In Abbildung 4.12 sind die beiden γ -Koinzidenzspektren für das Gate auf die 147.81 keV L₂-Konversionslinie dargestellt. Relativ zur 188.2 keV-Linie tritt die 259.2 keV-Linie im Spektrum mit $\Theta = 50^\circ$ stärker auf als im Spektrum mit $\Theta = 90^\circ$. Die Winkelverteilung wird durch folgende Funktion beschrieben [Yam67]:

$$W(\Theta) = 1 + A_2 P_2(\cos\Theta) + A_4 P_4(\cos\Theta) \quad (4.8)$$

Dabei gibt Θ den Winkel zwischen Strahlrichtung und Emissionsrichtung des γ -Quants an und P_2 und P_4 stehen für die Legendre-Polynome. Die A_k -Koeffizienten, die von den Spins der beteiligten Niveaus, sowie der Multipolordnung des betreffenden Überganges abhängen, sind tabelliert[Yam67], so daß man die Winkelverteilung berechnen kann. Tabelle 4.4 gibt das Verhält-

Tabelle 4.4: theoretische und experimentelle Winkelverteilung für einige Linien im 147.81 keV-Gate

Übergang			$\frac{W_{theo.}(50^\circ)}{W_{theo.}(90^\circ)}$	$\frac{W_{exp.}(50^\circ)}{W_{exp.}(90^\circ)} = \frac{A(50^\circ)}{A(90^\circ)}$	$\alpha_{kor.} \cdot \frac{W_{exp.}(50^\circ)}{W_{exp.}(90^\circ)}$
137.6 keV (M1)	6 $\rightarrow$ 7		0.89	1.09 ± 0.05	0.82 ± 0.03
	7 $\rightarrow$ 7		1.41		
168.3 keV (M1)	6 $\rightarrow$ 7		0.89	1.15 ± 0.04	0.86 ± 0.05
188.2 keV (M1)	8 $\rightarrow$ 7		0.84	1.17 ± 0.03	0.88 ± 0.04
259.2 keV				1.53 ± 0.05	1.15 ± 0.06

nis für die stärksten Linien des Spektrums (s. Abb. 4.12) an. Der Einfachheit halber wurde für den 188.2 keV-Übergang die E2-Beimischung ($\delta = +0.12$)

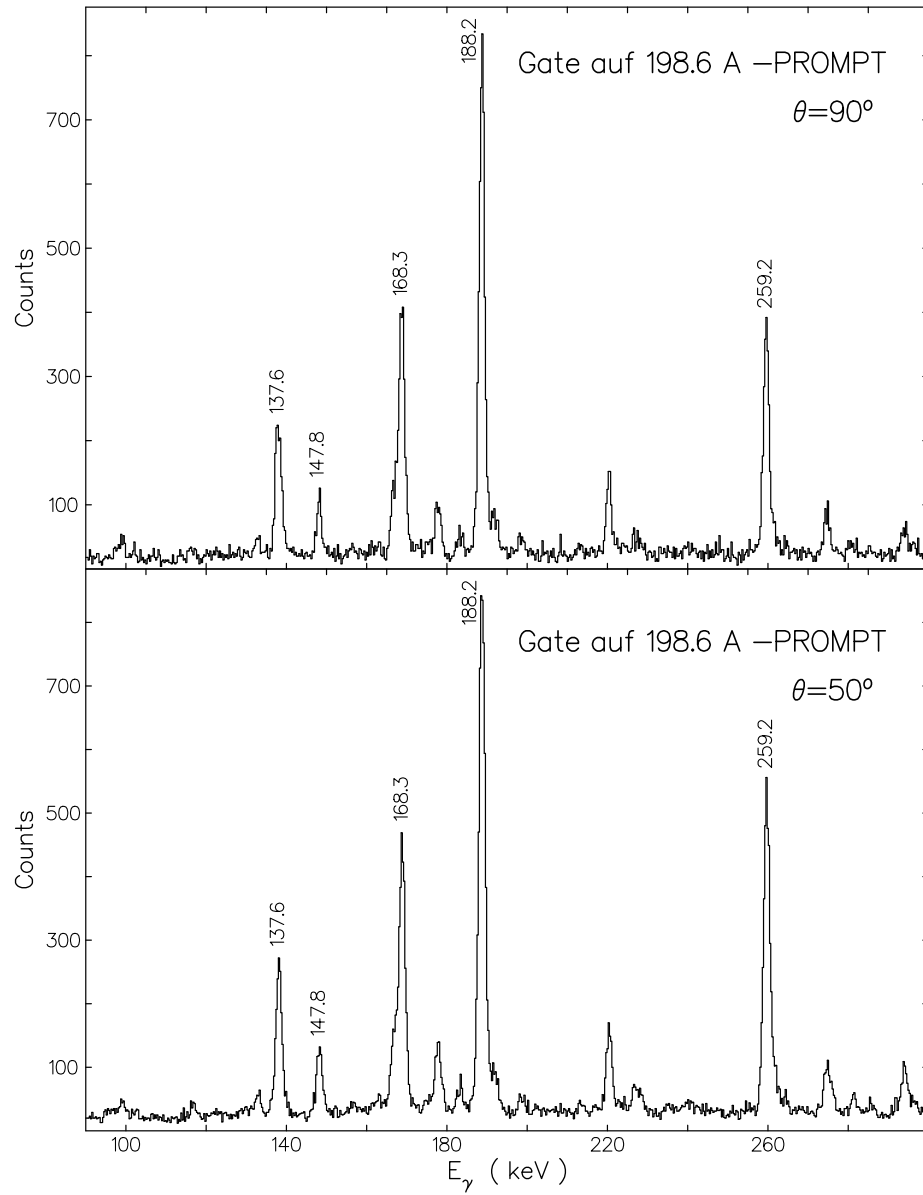


Abbildung 4.12: γ -Koinzidenzspektrum unter $\Theta = 50^\circ$ und $\Theta = 90^\circ$

vernachlässigt und eine reine M1-Multipolarität angenommen. Um aus den experimentellen Daten das Verhältnis der Peakflächen zu bestimmen, wurde an die betreffenden Linien eine Gaußkurve angepaßt. Mit Hilfe der relativ gut bekannten 168.3 keV und 188.2 keV Übergänge wurde ein Normierungsfaktor bestimmt ($\alpha_{kor} = 0.75 \pm 0.03$).

Wie aus Tabelle 4.4 ersichtlich, stimmen die experimentell bestimmten Verhältnisse mit den theoretischen Vorhersagen für die beiden Linien innerhalb ihrer Fehler überein. Das Verhältnis der 137.6 keV-Linie, der man eine reine M1-Multipolarität zuschreibt, deutet eher auf einen $6 \rightarrow 7$ als auf einen $7 \rightarrow 7$ Übergang hin. Demnach ist es sehr wahrscheinlich, daß das 370.15 keV Niveau einen Spin sechs hat. Für die noch nicht zugeordnete 259.2 keV-Linie kann man, unter der Voraussetzung, daß es sich um eine M1-Multipolarität handelt, zumindest einen Übergang zwischen den Spinzuständen $6 \rightarrow 7$, bzw. $8 \rightarrow 7$ ausschließen. Bisher kann man mit diesen Informationen alleine noch nicht sehr viel anfangen, wenn jedoch durch die Auswertung der anderen Daten mehr über das Zerfallsschema bekannt ist, kann man aus den Winkelverteilungseffekten wertvolle Informationen über die Multipolordnungen der Übergänge bzw. über die Spins der beteiligten Niveaus gewinnen.

4.5 Aussichten

Obwohl die Elektroneinzel-Messungen nur einen ersten Überblick über das Spektrum des ^{196}Au verschaffen sollten, konnten bereits einige sehr interessante Ergebnisse gewonnen werden.

Mit Hilfe der Ende Oktober 1996 am Paul-Scherrer-Institut gemessenen γ - γ -Daten soll versucht werden, ein möglichst vollständiges Niveauschema des ^{196}Au aufzustellen. Wie in dieser Arbeit bereits mehrmals angeklungen, wird es aber weiterhin notwendig sein, in einigen Fällen Konversionsspektren aufzunehmen, da man Dank der guten Spektrometereigenschaften eine wesentlich bessere Statistik erreichen kann, als es mit γ - γ -Messungen der Fall ist. Geplant sind neben weiteren e^- - γ -Messungen auch e^- - e^- -Messungen, die dann mit dem Aufbau der Doppelorange (s. Kapitel 2.2) durchgeführt werden. Diese Messungen sollen Aufschluß geben über die niederenergetischen Übergänge, die in den γ -Spektren wegen der hohen Konversion nur sehr schwach zu sehen sind, sowie über die Multipolarität der Übergänge.

Kapitel 5

Zusammenfassung

Mit den im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Messungen konnte das modifizierte Zerfallsschema des ^{190}Ir bestätigt werden. Diese Messungen zeigen in eindrucksvoller Weise die guten spektroskopischen Eigenschaften des Orangenspektrometers.

Eine erste Analyse der $^{196}\text{Pt}(d,2n)$ Daten brachte bereits sehr interessante Ergebnisse. So konnten neben zwei neuen Niveaus auch mehrere Übergänge dem ^{196}Au zugeordnet werden. Für den 135.23 keV-Übergang ließ sich an Hand der Elektroneinzel-Spektren auch eine eindeutige Vorhersage der Multipolarität erhalten. Nach einer Einordnung dieses Überganges in das Zerfallsschema kann mit Hilfe der Multipolaritäten eine Bestimmung der Paritäten erfolgen.

Wie bereits in Kapitel 4 angeklungen, bilden die bisherigen Messungen eine gute Grundlage für weitergehende Forschungen am ^{196}Au , so daß die begründete Hoffnung besteht, mit Hilfe der am Paul-Scherrer-Institut gemessenen γ - γ -Koinzidenzen ein möglichst vollständiges Zerfallsschema aufzustellen. Damit wäre dann eine gute Basis geschaffen, die Vorhersagen des Interacting Boson Fermion Fermion Modells zu überprüfen und so die Anwendbarkeit der supersymmetrischen Näherung auf die Kernstrukturphysik am Beispiel der ^{196}Au zu untersuchen.

Anhang A

Abbildungen

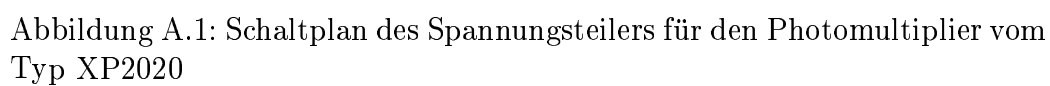


Abbildung A.1: Schaltplan des Spannungsteilers für den Photomultiplier vom Typ XP2020

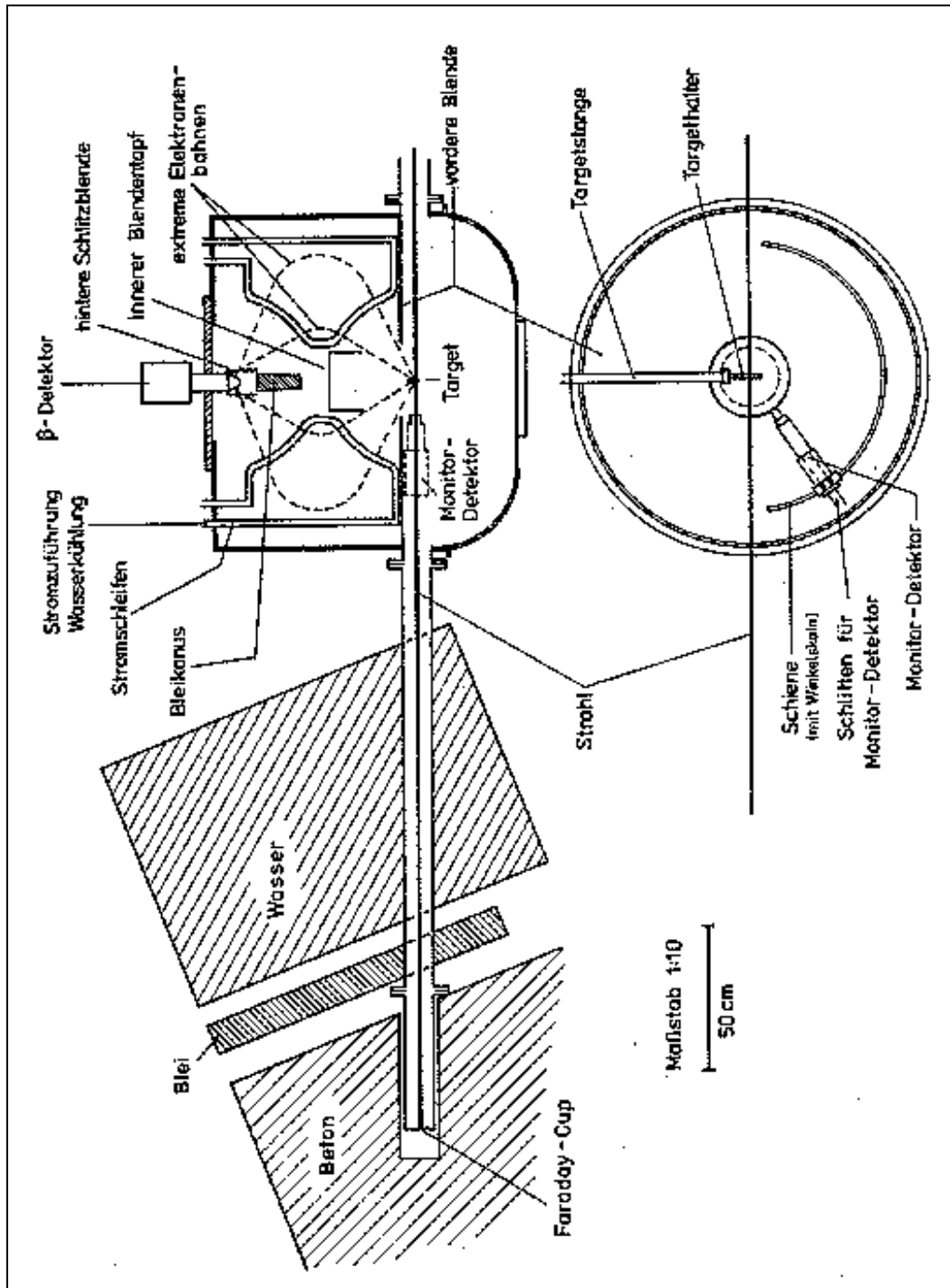
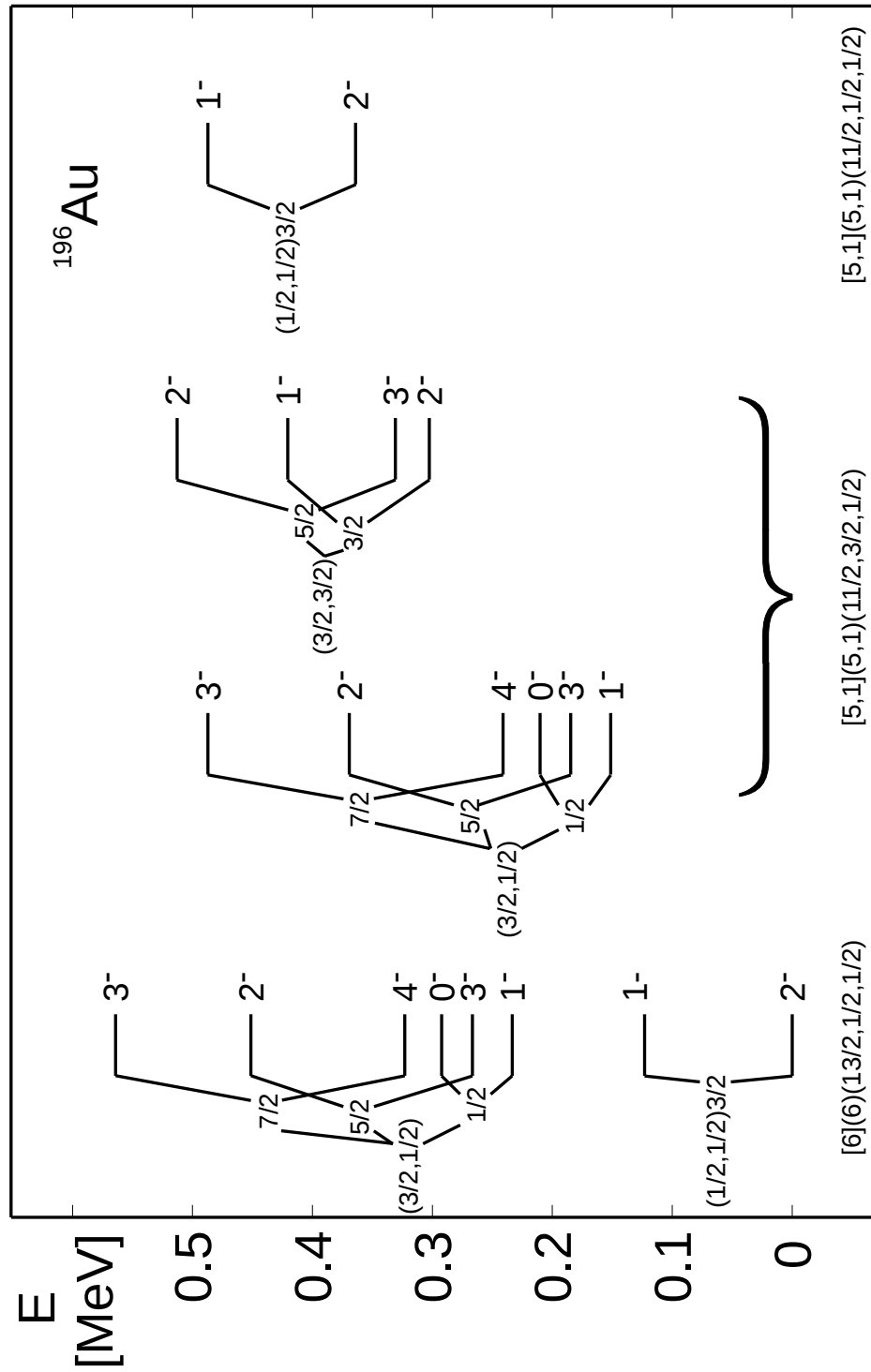


Abbildung A.2: Das große Orangenspektrometer am Strahlplatz 8

Abbildung A.3: Vorhersagen des IBFFM für das ^{196}Au

Anhang B

Tabellen

Tabelle B.1: Konversionselektronenlinien im Strombereich
130-210 A

I [A]	ΔI [A]	A ⁱ	ΔA	E _e [keV]	ΔE_e	χ^2	mögl. Zuordnung
136.09	0.02	260	6	67.07	0.04	4.18	147.8 K ¹⁹⁶ Au
137.60	0.11	46	5	68.47	0.21	3.79	
140.22	0.01	371	4	70.94	0.02	3.14	84.66 L ₂ ¹⁹⁶ Au
142.14	0.01	268	3	72.77	0.02	2.05	84.66 L ₃ ¹⁹⁶ Au
144.81	0.06	189	19	75.35	0.12	3.49	
145.84	0.09	129	16	76.36	0.17	2.42	
149.73	0.01	529	8	80.20	0.03	10.31	160.89 K Au
151.43	0.01	1111	8	81.90	0.01	16.53	162.61 K Au
153.64	0.04	204	9	84.13	0.08	11.67	
155.11	0.01	1227	9	85.63	0.01	10.82	166.45 K Au
157.07	0.01	507	6	87.65	0.02	12.44	168.36 K Au
158.79	0.07	65	5	89.43	0.14	7.00	
161.32	0.08	36	3	92.09	0.17	1.38	
163.59	0.05	64	3	94.49	0.10	2.03	
165.57	0.02	175	3	96.60	0.04	2.10	177.33 K Au
168.15	0.01	255	3	99.39	0.03	5.54	180.26 K Au
170.62	0.01	387	3	102.09	0.02	9.83	182.80 K Au
175.63	0.02	312	8	107.63	0.04	2.47	188.23 K ¹⁹⁶Au
176.68	0.05	138	6	108.80	0.10	1.74	
178.26	0.01	362	3	110.58	0.02	1.24	191.44 ¹⁹⁷Au
180.07	0.02	102	2	112.64	0.04	1.17	
183.96	0.03	172	5	117.09	0.06	11.60	130.16 L ₂ ¹⁹⁷ Au
185.52	0.03	132	4	118.90	0.08	5.72	130.16 L ₃ ¹⁹⁷ Au
188.10	0.01	456	6	121.89	0.03	2.85	135.23 L₂ Au
189.64	0.01	465	6	123.71	0.03	5.92	135.23 L₃ Au
191.99	0.02	170	3	126.48	0.04	5.32	
196.95	0.02	516	9	132.41	0.04	2.44	135.23 M Au
198.43	0.01	1000	9	134.20	0.03	4.71	147.8 L₂ ¹⁹⁶Au
199.98	0.01	798	8	136.09	0.02	8.41	147.8 L ₃ ¹⁹⁶ Au
202.41	0.02	172	3	139.05	0.04	15.82	219.9 K ¹⁹⁶ Au

Linien, für die γ -Koinzidenzspektren gemessen wurden, sind fettgedruckt.

ⁱrelative Fläche, normiert auf 1000 für die 147.8 L₂ Linie

Tabelle B.2: Konversionselektronenlinien im Strombereich
190-530 A

I [A]	ΔI [A]	A ⁱⁱ	ΔA	E _e [keV]	ΔE_e	χ^2	mögl. Zuordnung
196.92	0.02	824	13	132.37	0.04	21.94	135.23 M Au
198.49	0.02	1000	15	134.27	0.05	19.11	147.8 L ₂ ¹⁹⁶ Au
199.97	0.02	919	15	136.07	0.04	16.68	147.8 L ₃ ¹⁹⁶ Au
202.19	0.02	375	7	138.78	0.05	13.97	219.9 K ¹⁹⁶ Au
204.74	0.05	142	7	141.92	0.12	4.37	
206.99	0.03	414	13	144.70	0.08	2.99	
208.60	0.04	614	16	146.71	0.09	4.01	160.89 L ₁ Au
210.04	0.03	535	17	148.51	0.08	5.14	162.61 L ₁ Au
212.65	0.03	566	16	151.80	0.07	3.06	166.45 L ₁ Au
214.24	0.01	1690	16	153.81	0.03	3.37	168.37 L ₁ ¹⁹⁶ Au
216.32	0.08	177	8	156.46	0.20	1.54	168.37 L ₃ ¹⁹⁶ Au
218.23	0.20	135	28	158.90	0.52	0.89	
219.50	0.13	227	25	160.53	0.34	0.79	
221.40	0.05	335	10	162.98	0.12	0.88	177.35 L ₁ ¹⁹⁶ Au
223.51	0.03	601	10	165.71	0.07	1.71	177.35 L ₃ ¹⁹⁶ Au
225.45	0.06	321	10	168.25	0.15	1.15	
227.32	0.12	218	16	170.69	0.33	1.07	
229.91	0.04	129	4	174.10	0.10	10.65	177.35 M ¹⁹⁶ Au
232.97	0.01	1051	10	178.16	0.03	4.98	
234.91	0.02	1173	14	180.75	0.05	2.52	
236.50	0.01	1548	16	182.87	0.03	2.35	
239.62	0.02	226	4	187.08	0.06	1.39	
242.26	0.02	227	4	190.66	0.06	3.78	
245.40	0.02	309	5	194.94	0.06	2.52	
247.81	0.02	512	8	198.25	0.06	1.67	212.81 L ₁ ¹⁹⁶ Au
249.74	0.02	726	8	200.91	0.04	1.41	212.81 L ₃ ¹⁹⁶ Au
252.53	0.01	557	5	204.78	0.04	1.56	
255.19	0.04	158	4	208.48	0.12	1.82	
257.91	0.02	376	5	212.29	0.06	1.45	
260.37	0.04	172	4	215.75	0.12	1.88	
263.49	0.02	614	8	220.16	0.05	3.31	
265.52	0.02	409	7	223.04	0.06	1.77	
271.67	0.10	104	7	231.85	0.28	1.71	
274.35	0.11	111	7	235.72	0.31	1.53	
277.25	0.24	45	6	239.92	0.69	0.81	
280.66	0.04	531	13	244.89	0.10	1.15	
282.89	0.02	738	13	248.15	0.07	1.71	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

ⁱⁱrelative Fläche, normiert auf 1000 für die 147.8 L₂ Linie

Tabelle B.2: *Fortsetzung*: Konversionselektronenlinien im Strombereich 190-530 A

I [A]	ΔI [A]	A	ΔA	E_e [keV]	ΔE_e	χ^2	mögl. Zuordnung
287.26	0.02	808	13	254.59	0.07	15.42	
289.81	0.03	1167	14	258.37	0.08	9.80	
292.09	0.15	122	13	261.75	0.45	5.21	
296.14	0.06	284	9	267.79	0.17	3.34	
298.67	0.15	112	9	271.59	0.45	6.54	
302.43	0.01	1818	11	277.25	0.03	35.84	
307.37	0.12	134	11	284.74	0.38	4.87	$365.53\ K\ ^{196}Au$
309.75	0.10	163	10	288.36	0.32	2.84	
313.89	0.03	393	7	294.69	0.09	7.93	
318.43	0.06	129	4	301.68	0.19	1.54	
322.36	0.07	158	5	307.75	0.20	1.18	
325.54	0.03	344	6	312.69	0.09	1.64	
330.37	0.06	245	9	320.22	0.20	1.81	
332.90	0.04	419	9	324.19	0.12	1.44	
337.41	0.10	190	12	331.28	0.31	1.01	
339.71	0.16	109	11	334.92	0.51	1.33	
344.59	0.01	914	6	342.64	0.04	1.88	
350.94	0.02	606	6	352.77	0.05	19.63	
355.50	0.12	354	40	360.07	0.37	6.69	
357.18	0.26	150	39	362.78	0.84	3.92	
365.36	0.19	68	8	375.99	0.61	1.16	
367.71	0.06	212	8	379.80	0.19	1.00	
373.79	0.04	125	3	389.70	0.14	1.50	
379.64	0.04	197	3	399.28	0.14	2.84	
382.71	0.33	43	14	404.33	1.10	2.93	$408.08\ M\ ^{196}Au$
385.25	0.14	146	14	408.51	0.45	2.76	
393.05	0.04	332	7	421.42	0.13	2.97	
395.90	0.08	133	6	426.15	0.27	1.39	
406.56	0.03	307	4	443.95	0.09	5.82	
412.28	0.28	24	3	453.55	0.95	1.69	
420.14	0.05	82	2	466.80	0.17	0.99	
427.05	0.04	146	2	478.51	0.15	1.10	
431.24	0.05	130	2	485.64	0.16	0.96	
437.39	0.03	176	2	496.14	0.09	1.38	
444.27	0.07	160	6	507.92	0.25	1.91	
447.21	0.27	37	5	512.97	0.93	1.29	
454.87	0.03	53	2	526.15	0.11	0.86	
462.67	0.08	65	2	539.65	0.27	1.81	
467.55	0.08	58	2	548.12	0.28	1.09	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tabelle B.2: *Fortsetzung:* Konversionselektronenlinien im Strombereich 190-530 A

I [A]	ΔI [A]	A	ΔA	E_e [keV]	ΔE_e	χ^2	mögl. Zuordnung
475.23	0.11	37	1	561.49	0.39	0.82	
481.24	0.05	88	2	571.97	0.17	0.95	
494.04	0.10	38	1	594.42	0.37	1.31	
499.99	0.30	12	1	604.90	1.07	0.95	
508.07	0.34	11	1	619.17	1.21	1.45	
514.22	0.23	25	2	630.07	0.81	1.16	
519.05	0.20	33	2	638.65	0.70	1.06	
524.32	0.15	29	1	648.02	0.52	1.08	

Anhang C

Spektren und Tabellen zur $e^- - \gamma$ Messung

Tabelle C.1: γ -Linien des 149.7 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^i	ΔA	χ^2	Bemerkungen
120.49	0.06	352	24	1.135	
131.29	0.12	173	22	1.657	
135.07	0.23	93	21	0.314	135.23 keV ^{196}Au
137.39	0.21	118	22	0.389	137.69 keV (M1) ^{196}Au
139.76	0.03	1260	43	1.081	
147.80	0.03	1000	38	0.483	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.83	0.15	145	22	0.950	
156.59	0.10	230	24	0.596	
162.89	0.11	205	23	1.064	
166.51	0.15	160	23	0.305	
168.67	0.17	137	23	0.624	168.37 keV (M1) ^{196}Au
178.40	0.31	74	23	0.778	
183.00	0.06	513	36	0.526	
188.54	0.14	192	28	0.586	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.27	0.14	258	33	0.723	
193.28	0.18	186	31	0.341	
202.39	0.19	133	26	1.599	
208.26	0.05	672	39	1.011	
213.10	0.05	863	43	1.186	212.82 keV ^{196}Au
215.89	0.14	203	28	1.981	
225.74	0.45	71	28	0.659	
227.66	0.17	201	32	0.967	
234.49	0.18	132	24	1.019	
237.74	0.19	125	24	0.221	
241.25	0.08	357	30	0.929	
246.32	0.20	116	23	0.469	
250.78	0.06	569	34	0.545	
259.56	0.08	414	34	1.352	
262.97	0.11	276	30	1.295	
268.33	0.07	492	36	1.319	
274.43	0.37	67	24	0.710	
278.40	0.16	170	27	1.861	
282.24	0.23	115	26	1.214	
285.41	0.22	123	26	1.051	285.49 keV (E2) ^{196}Au
288.83	0.22	125	26	1.043	
292.86	0.41	63	23	2.335	
299.35	0.35	72	24	1.014	
303.71	0.18	321	61	1.336	
305.17	0.33	166	58	1.185	
309.38	0.39	67	24	0.576	

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*ⁱrelative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.1: *Fortsetzung*: γ -Linien des 149.7 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
312.71	0.32	82	25	0.732	
320.39	0.29	94	24	1.500	
322.89	0.09	371	31	1.701	
327.40	0.15	163	24	1.569	
333.25	0.15	165	24	0.564	
338.94	0.07	413	30	1.335	
341.80	0.19	131	23	0.051	
352.86	0.23	118	24	1.167	
355.79	0.07	539	36	1.093	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
358.53	0.17	181	27	0.536	
361.77	0.36	68	22	0.881	
374.95	0.10	224	22	0.568	
393.17	0.40	101	39	0.450	
394.75	0.31	137	39	0.558	
401.44	0.04	1526	67	0.305	
403.15	0.18	323	53	1.062	
406.00	0.07	446	29	0.587	
408.94	0.08	366	27	0.353	408.08 keV ^{196}Au
415.36	0.15	142	20	0.879	
420.44	0.23	88	18	0.985	
425.72	0.19	146	25	1.076	
462.71	0.10	258	24	0.396	
470.51	0.09	279	24	1.035	
501.58	0.12	218	25	0.526	
506.20	0.11	255	26	1.123	
509.50	0.38	114	35	0.964	
511.45	0.42	172	38	0.871	
513.34	0.13	409	47	0.455	
521.28	0.16	153	22	0.998	
557.57	0.14	213	28	0.658	
565.61	0.16	204	28	0.817	
568.83	0.25	118	25	1.428	
575.45	0.50	66	25	0.971	
577.83	0.36	106	27	1.054	
580.75	0.14	265	31	0.949	
584.95	0.18	174	27	1.793	
631.88	0.16	147	19	0.628	
694.01	0.15	203	26	1.094	

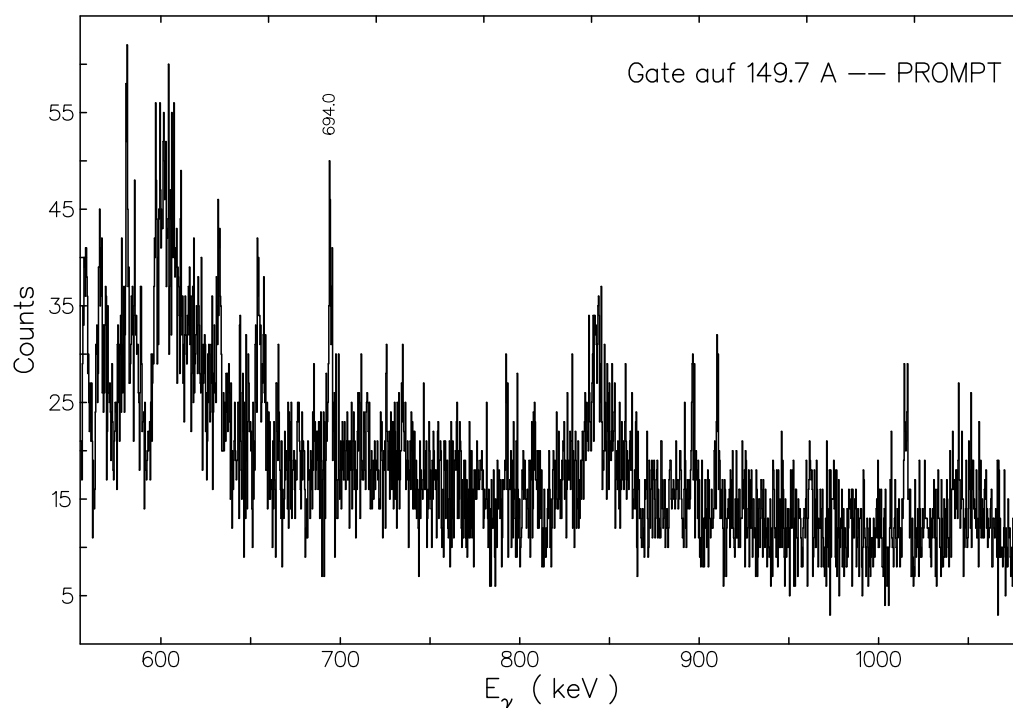
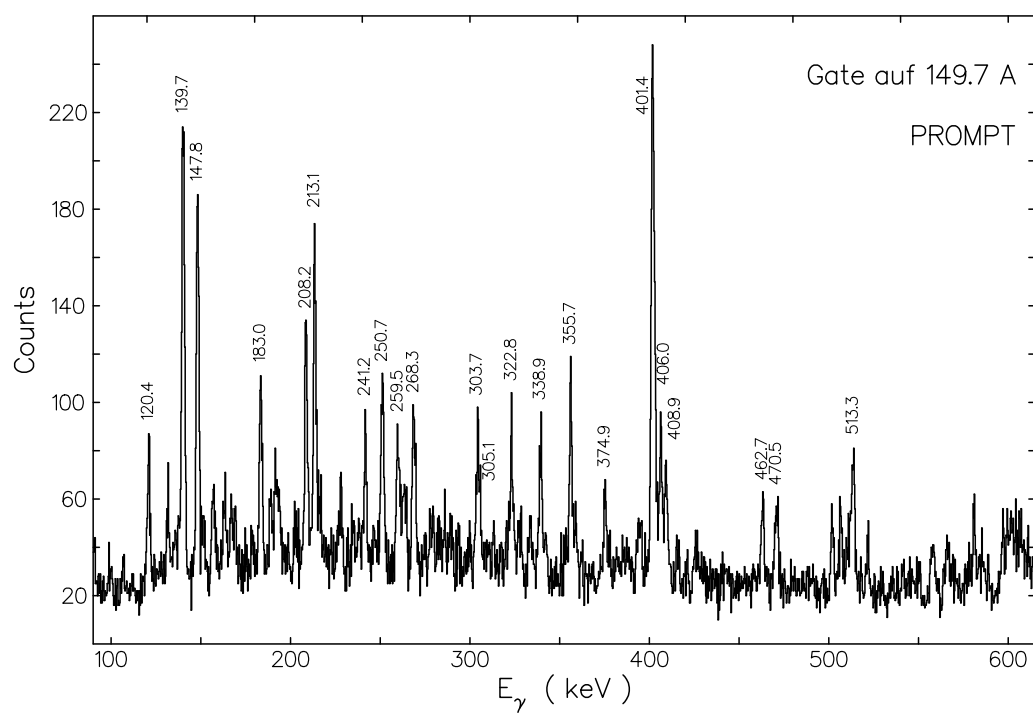


Abbildung C.1: γ -Koinzidenzspektrum des 149.7 A Gates

Tabelle C.2: γ -Linien des 151.5 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{ii}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
130.50	0.37	55	20	1.506	
132.81	0.24	92	22	1.536	
136.87	0.22	96	22	1.334	
139.82	0.13	182	25	1.857	
147.82	0.04	1000	44	0.531	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.55	0.14	182	26	0.513	
156.10	0.20	175	36	0.371	
157.67	0.41	81	33	0.726	
163.26	0.06	547	35	1.270	
166.46	0.12	246	29	1.205	
168.61	0.21	137	26	0.583	168.37 keV (M1) ^{196}Au
171.20	0.34	66	22	0.402	
178.14	0.15	96	15	0.646	
182.88	0.05	430	21	1.651	
186.37	0.30	65	18	0.490	
188.22	0.12	188	20	0.296	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
190.96	0.14	142	17	1.014	
193.12	0.10	197	19	0.448	
198.19	0.22	68	15	0.314	
203.86	0.21	72	15	1.329	
213.00	0.02	1375	36	0.240	212.82 keV ^{196}Au
216.10	0.09	217	20	0.821	
221.87	0.18	95	17	1.484	
225.83	0.19	131	22	0.408	
227.68	0.11	231	24	1.884	
234.34	0.20	85	17	1.079	
237.51	0.10	202	20	0.405	
241.14	0.04	722	28	0.692	
250.95	0.04	543	26	1.524	
259.29	0.07	353	24	0.646	
261.49	0.13	198	22	0.599	
263.86	0.17	120	18	0.296	
267.82	0.05	483	25	0.748	
303.65	0.08	601	51	1.269	
305.12	0.20	217	47	0.929	
308.95	0.17	111	18	0.370	
314.21	0.41	45	16	0.636	
316.91	0.19	99	18	0.920	316.19 keV (M1+E2) ^{196}Au

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*ⁱⁱrelative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.2: *Fortsetzung: γ -Linien des 151.5 A Gates*

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
320.32	0.11	190	20	1.416	
323.50	0.18	103	17	2.199	
327.35	0.06	345	23	0.945	
333.26	0.13	140	18	0.279	
338.96	0.06	419	24	1.030	
342.29	0.18	105	17	1.090	
346.44	0.26	65	16	0.456	
352.23	0.16	114	17	0.436	
355.69	0.05	473	25	1.043	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
358.54	0.06	388	24	0.566	
365.31	0.28	61	15	0.429	365.53 keV ^{196}Au
374.90	0.19	98	18	0.342	
383.12	0.32	83	22	0.848	
385.11	0.14	218	25	1.366	
388.12	0.11	211	21	0.826	
394.12	0.13	166	20	1.240	
402.96	0.15	150	20	1.095	
406.05	0.04	1121	38	0.779	
408.73	0.06	538	29	0.353	
416.19	0.13	167	20	0.496	
462.64	0.04	680	28	1.424	
469.30	0.21	84	16	0.573	
473.66	0.30	57	15	0.931	
479.15	0.24	73	15	1.070	
485.29	0.24	74	15	0.594	
489.94	0.21	86	16	0.483	
506.26	0.04	641	25	0.413	
508.79	0.33	74	16	0.734	
511.28	0.11	186	17	1.761	
515.08	0.37	51	14	0.508	
517.39	0.24	83	15	1.309	
521.35	0.19	81	14	0.864	
557.70	0.07	362	22	0.984	
563.88	0.19	100	16	0.726	
568.71	0.44	51	17	0.430	
571.01	0.40	56	17	0.709	
654.00	0.07	386	23	1.008	
656.76	0.10	267	21	1.002	
664.38	0.21	87	15	0.748	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tabelle C.2: *Fortsetzung*: γ -Linien des 151.5 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
687.81	0.32	50	13	0.427	
693.95	0.05	475	23	0.904	
709.42	0.30	56	14	1.488	
713.80	0.31	55	13	1.140	
727.58	0.23	73	14	0.440	
731.50	0.19	90	14	1.107	
745.65	0.15	118	14	1.515	
775.75	0.87	35	22	0.261	
777.72	0.48	60	23	1.042	
837.57	0.26	71	14	0.603	
841.56	0.11	280	23	0.363	
843.98	0.23	128	20	0.937	
847.53	0.24	82	15	0.527	
852.43	0.24	76	14	0.673	
896.40	0.12	138	14	1.369	
909.47	0.13	130	13	0.616	

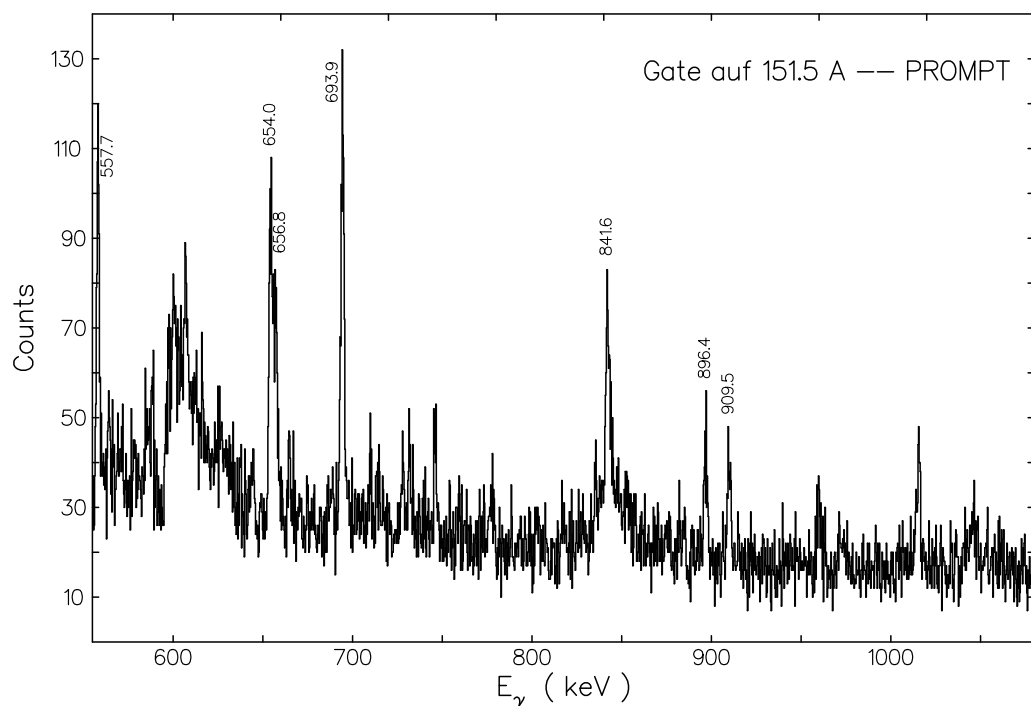
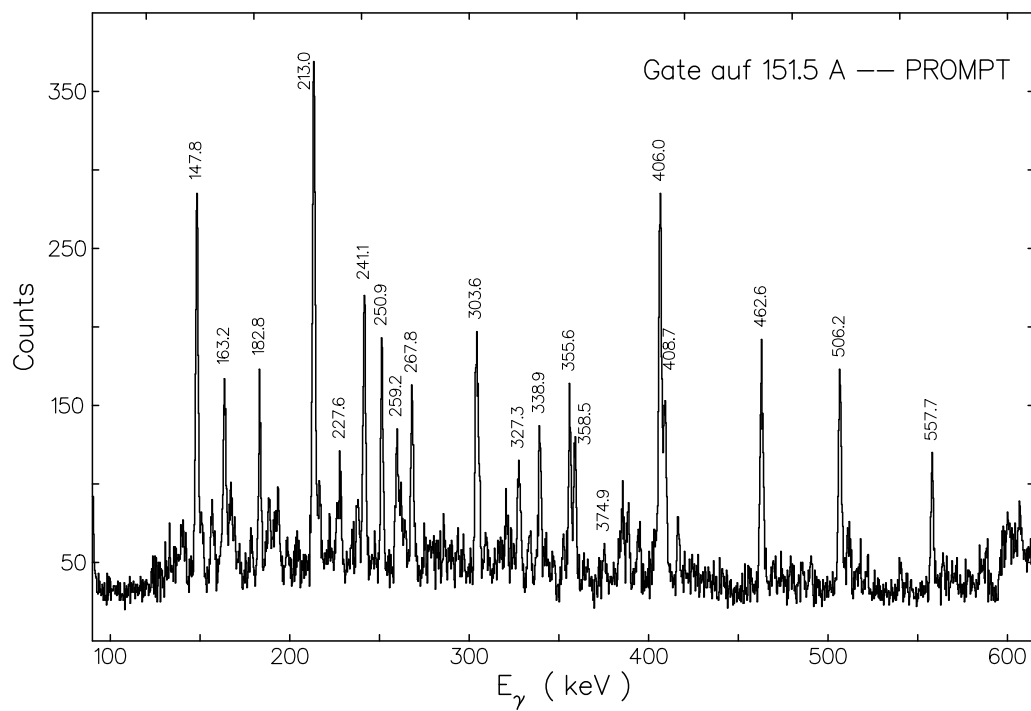


Abbildung C.2: γ -Koinzidenzspektrum des 151.5 A Gates

Tabelle C.3: γ -Linien des 155.2 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{iii}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
132.19	0.04	166	7	0.617	
134.88	0.16	32	5	0.443	
137.93	0.12	42	5	1.921	137.69 keV (M1) ^{196}Au
140.95	0.03	236	8	1.148	
147.82	0.02	1000	20	1.497	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.73	0.13	61	8	2.083	
157.42	0.04	215	11	1.590	
162.72	0.19	36	7	0.497	
166.32	0.23	35	8	0.936	
168.41	0.12	74	9	0.784	168.37 keV (M1) ^{196}Au
171.11	0.18	40	7	0.526	
174.61	0.30	20	6	0.149	
178.41	0.08	97	8	1.387	
182.80	0.01	1554	23	1.195	
185.44	0.11	80	8	1.398	
188.20	0.09	102	8	0.899	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
190.50	0.14	82	9	0.897	
192.30	0.21	44	9	0.838	
198.60	0.26	22	6	0.434	
203.92	0.10	69	7	1.233	
209.68	0.12	69	8	1.001	
211.69	0.18	53	8	0.734	
213.98	0.17	66	8	0.384	
215.97	0.04	333	12	2.037	
219.94	0.12	55	7	0.501	
222.72	0.14	47	6	1.658	
226.36	0.13	124	18	0.458	
227.72	0.11	146	18	0.489	
234.58	0.17	38	6	1.522	
237.67	0.06	136	8	0.408	
240.32	0.22	33	6	0.712	
242.73	0.19	36	6	1.879	
245.91	0.25	48	12	0.651	
247.40	0.16	78	13	0.340	
250.33	0.23	27	6	0.645	
259.24	0.03	364	11	0.561	
261.40	0.15	68	8	0.429	
263.62	0.07	116	8	1.235	

*Fortsetzung auf der nächsten Seite*ⁱⁱⁱrelative Fläche, $A(147.8 \text{ keV})$ normiert auf 1000

Tabelle C.3: *Fortsetzung: γ -Linien des 155.2 A Gates*

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
267.87	0.03	294	10	0.926	
278.87	0.13	49	6	0.585	
282.66	0.23	26	6	0.779	
285.88	0.12	55	6	0.429	285.49 keV (E2) ^{196}Au
289.79	0.05	167	8	2.438	
293.61	0.10	69	7	0.939	
296.57	0.15	44	6	0.551	
303.56	0.18	34	6	0.787	
309.48	0.23	27	6	0.737	
320.09	0.09	69	6	0.600	
323.61	0.08	96	7	0.842	
326.15	0.15	42	6	1.186	
331.10	0.24	25	5	1.074	
333.65	0.18	34	5	0.707	
338.74	0.11	55	6	0.691	
341.59	0.26	21	5	1.181	
355.79	0.06	133	8	0.929	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
358.80	0.22	29	6	1.265	
365.20	0.20	39	6	1.057	365.53 keV ^{196}Au
367.44	0.11	75	7	0.961	
372.48	0.24	25	5	0.834	
375.74	0.11	81	8	1.468	
377.81	0.28	33	7	0.767	
380.46	0.34	20	5	0.443	
383.43	0.21	51	9	1.032	
385.27	0.08	140	11	0.784	
389.46	0.14	47	6	1.205	
392.54	0.21	47	8	1.306	
394.44	0.15	71	9	0.876	
397.65	0.06	149	8	0.394	
401.50	0.23	40	8	0.942	
403.59	0.05	259	11	1.863	
409.17	0.08	91	7	1.125	
416.27	0.08	95	7	1.314	
420.22	0.08	88	7	0.519	
425.68	0.14	43	6	0.874	
430.74	0.31	19	5	0.587	
433.30	0.30	20	5	0.211	
436.83	0.32	17	5	0.814	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tabelle C.3: *Fortsetzung*: γ -Linien des 155.2 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
440.53	0.16	37	5	1.011	
452.82	0.28	20	5	0.954	
463.91	0.13	48	6	1.202	
469.45	0.06	128	7	0.856	

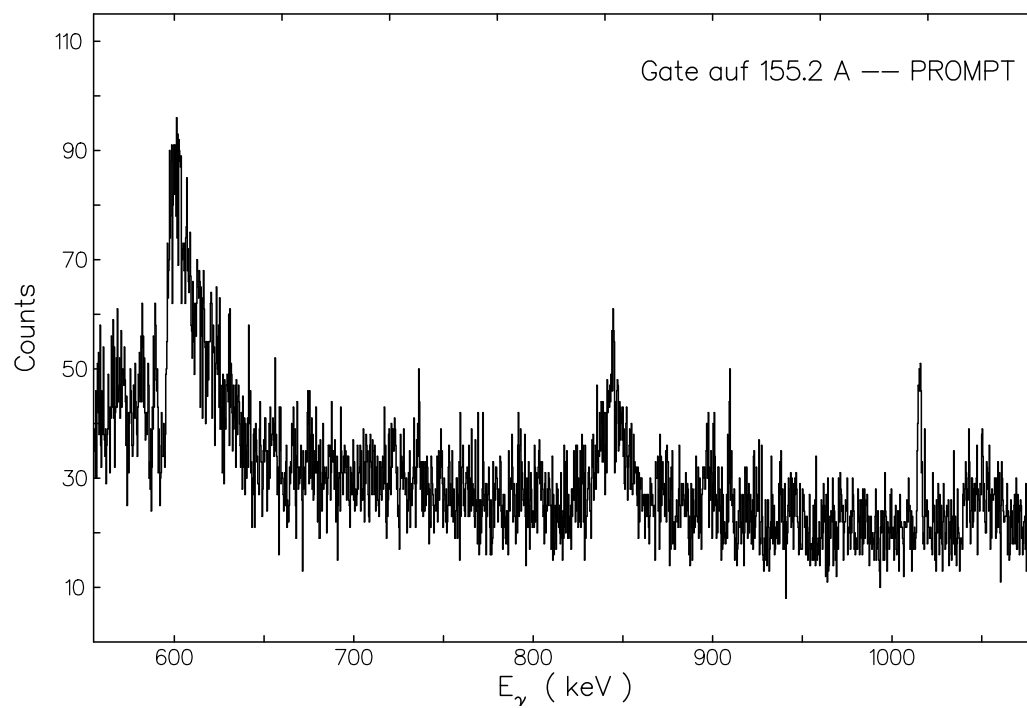
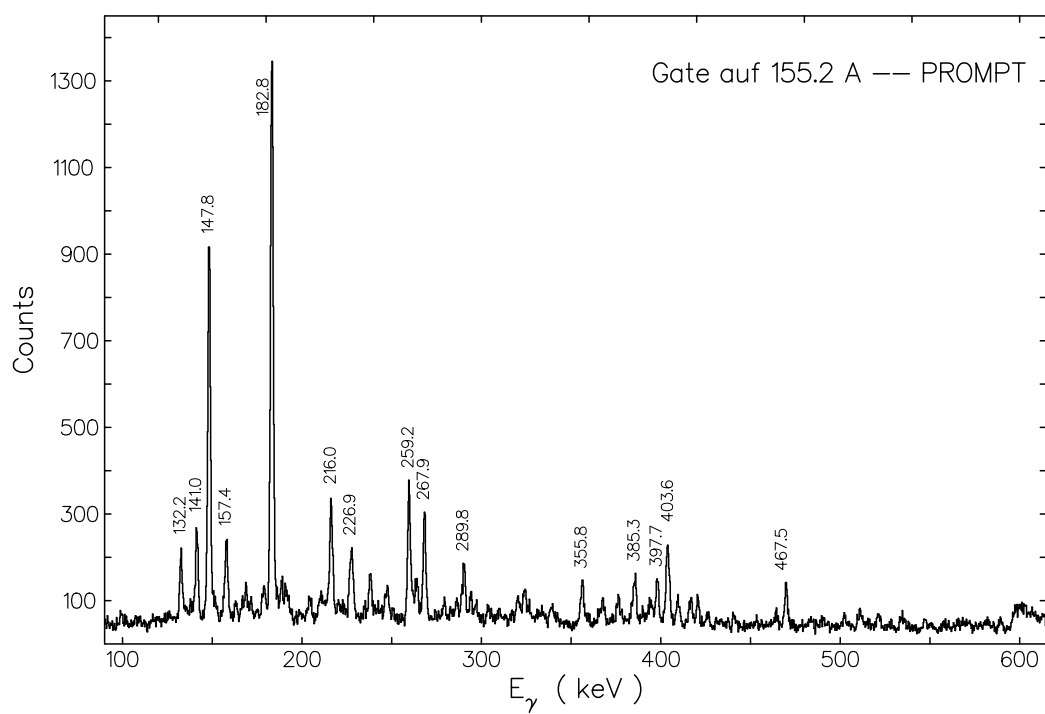


Abbildung C.3: γ -Koinzidenzspektrum des 155.2 A Gates

Tabelle C.4: γ -Linien des 157.1 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{iv}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
147.83	0.01	1000	10	2.699	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.29	0.10	27	3	1.286	
157.45	0.20	8	2	1.141	
161.10	0.43	5	2	0.651	
162.82	0.35	6	2	0.410	
166.51	0.13	17	2	0.698	
168.50	0.09	27	2	1.538	168.37 keV (M1) ^{196}Au
177.30	0.05	38	2	0.784	177.35 keV ^{196}Au
182.92	0.08	22	2	0.744	
186.47	0.14	17	2	0.515	
188.25	0.11	24	2	0.241	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.24	0.10	18	2	0.548	
201.29	0.23	5	1	0.769	
207.61	0.28	4	1	0.888	
212.78	0.12	11	1	0.355	212.82 keV ^{196}Au
215.98	0.14	9	1	1.412	
219.95	0.04	51	2	0.727	219.94 keV ^{196}Au
223.04	0.13	10	1	0.504	
226.44	0.05	43	2	0.868	
228.62	0.20	8	1	0.320	
234.61	0.05	34	2	0.375	
238.76	0.18	7	1	1.227	
244.62	0.20	6	1	1.381	
247.20	0.20	6	1	0.917	
257.19	0.18	11	2	0.505	
258.94	0.17	14	2	0.498	
261.34	0.07	33	2	0.552	
263.82	0.03	71	2	1.338	
268.37	0.15	8	1	1.516	
274.00	0.17	11	2	0.099	
275.70	0.32	6	2	0.358	
278.89	0.19	7	1	0.804	
281.38	0.18	7	1	0.495	
285.56	0.07	19	1	1.305	285.49 keV (E2) ^{196}Au
290.43	0.25	5	1	0.367	
293.77	0.06	27	2	0.842	
296.79	0.11	12	1	0.697	
299.59	0.18	7	1	0.819	

Fortsetzung auf der nächsten Seite^{iv}relative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.4: *Fortsetzung: γ -Linien des 157.1 A Gates*

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
303.55	0.12	11	1	0.656	
309.21	0.89	2	3	0.534	
310.61	0.45	5	3	0.868	
316.03	0.11	11	1	1.524	316.19 keV (M1+E2) ^{196}Au
320.02	0.27	5	1	0.405	
322.65	0.15	13	2	0.444	
324.64	0.29	9	2	0.574	
326.45	0.28	7	2	0.641	
333.93	0.14	14	2	2.258	
355.66	0.06	48	3	0.499	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
358.01	0.32	7	2	0.663	
376.21	0.15	9	1	1.856	
380.51	0.13	11	1	1.096	
383.25	0.19	7	1	0.373	
393.35	0.12	31	4	0.438	
394.80	0.10	39	4	0.675	
397.94	0.27	5	1	0.412	
403.51	0.17	8	1	0.457	
425.73	0.10	14	1	1.164	
428.87	0.26	5	1	0.461	
434.09	0.11	13	1	0.190	
440.49	0.04	41	2	0.825	
482.84	0.11	15	2	1.714	
486.65	0.30	5	1	0.525	
501.12	0.18	7	1	0.511	
509.91	0.32	6	2	1.277	
511.90	0.22	9	2	0.599	
515.05	0.31	4	1	0.935	
521.19	0.07	27	2	0.820	
528.10	0.08	19	2	1.572	
533.81	0.19	7	1	0.710	

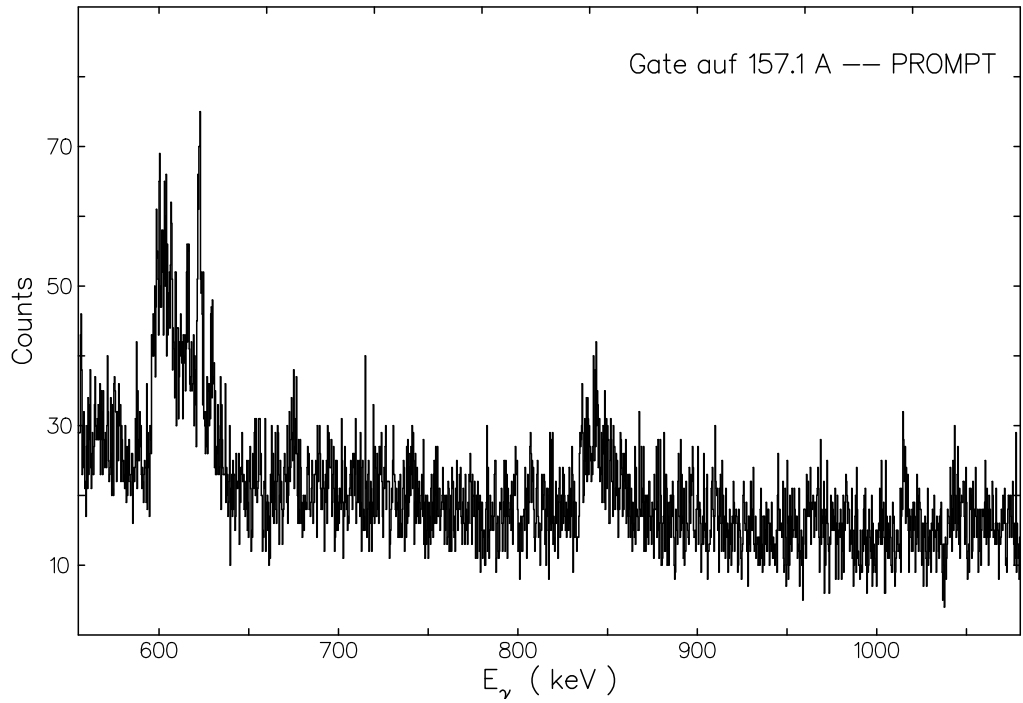
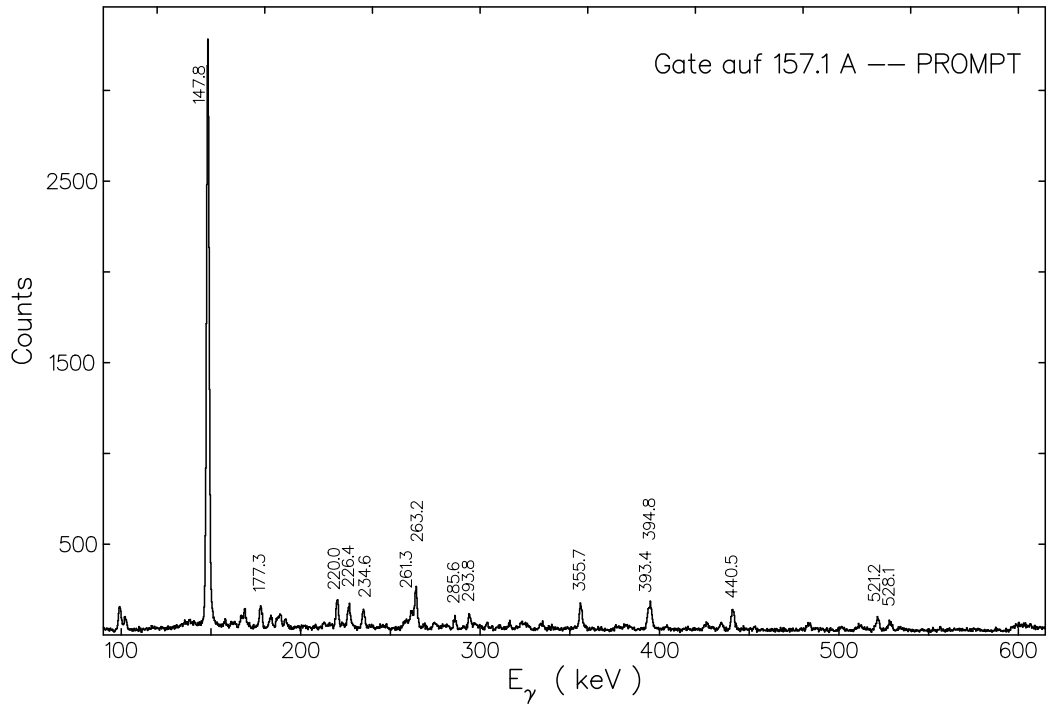
Abbildung C.4: γ -Koinzidenzspektrum des 157.1 A Gates

Tabelle C.5: γ -Linien des 168.2 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	$A^\vee$	ΔA	χ^2	Bemerkungen
123.80	0.24	73	18	0.751	
125.73	0.36	47	16	0.708	
131.99	0.25	57	15	0.401	
137.12	0.13	127	19	0.623	137.69 keV (M1) ^{196}Au
140.90	0.08	273	24	0.768	
147.79	0.03	1000	42	0.710	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.67	0.25	65	16	0.424	
157.24	0.30	50	16	0.385	
160.94	0.28	77	21	0.890	
162.77	0.21	107	22	0.333	
166.43	0.03	1398	52	0.317	
168.44	0.15	200	29	0.714	168.37 keV (M1) ^{196}Au
171.24	0.18	98	18	1.073	
177.72	0.15	112	18	0.393	177.35 keV ^{196}Au
182.60	0.19	88	17	0.674	
188.32	0.10	189	21	1.066	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.44	0.07	340	26	0.770	
198.02	0.08	288	24	0.837	
211.78	0.19	167	32	0.832	
213.43	0.21	159	31	1.400	212.82 keV ^{196}Au
216.19	0.12	172	22	1.124	
220.21	0.20	87	18	1.397	219.94 keV ^{196}Au
226.23	0.32	78	23	0.775	
227.96	0.55	43	22	1.326	
234.49	0.10	199	23	0.719	
260.14	0.12	137	17	0.953	
263.53	0.12	144	17	0.704	
268.16	0.14	115	16	0.415	
274.90	0.25	55	14	0.627	
278.84	0.18	82	15	0.636	
282.45	0.22	68	14	0.519	
285.43	0.10	171	18	1.138	285.49 keV (E2) ^{196}Au
288.90	0.13	126	16	0.507	
292.86	0.25	53	13	0.618	
300.55	0.25	64	15	0.216	
303.78	0.21	79	16	0.578	
307.93	0.10	189	21	0.698	
355.70	0.05	901	47	0.508	355.68 keV (E2) ^{196}Pt

Fortsetzung auf der nächsten Seite $^\vee$ relative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.5: *Fortsetzung: γ -Linien des 168.2 A Gates*

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
364.89	0.26	93	22	0.532	
367.30	0.33	71	21	1.295	
393.51	0.05	624	35	0.890	
403.70	0.13	161	21	1.229	
420.24	0.20	59	11	1.014	
425.99	0.05	356	19	0.274	
441.49	0.21	70	14	0.709	
461.86	0.08	269	21	0.655	
511.50	0.27	65	16	0.719	
521.32	0.06	444	29	0.387	
527.80	0.31	51	14	0.442	
588.94	0.08	275	21	0.621	
721.23	0.09	287	23	0.854	
841.74	0.24	141	26	0.207	
844.46	0.43	65	21	0.482	
868.94	0.21	121	22	0.524	

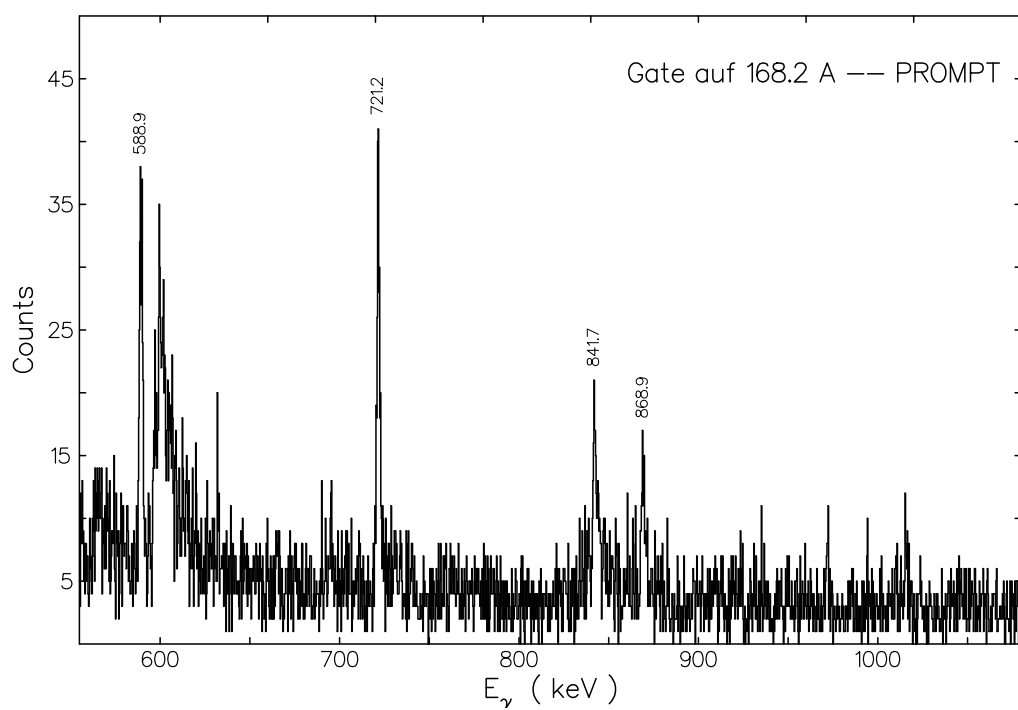
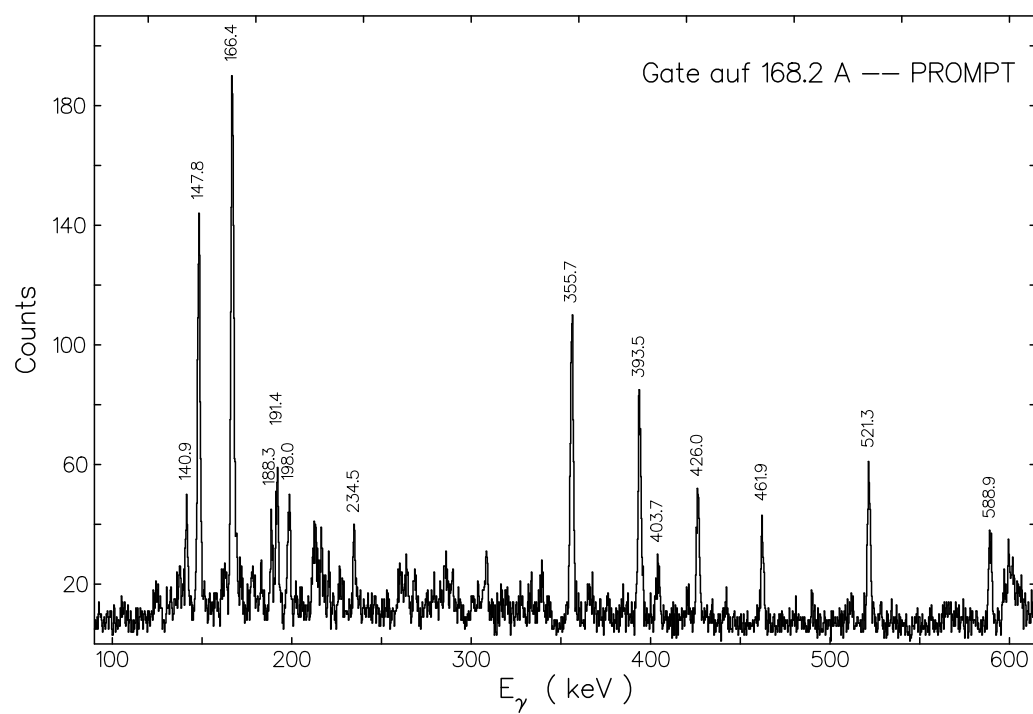


Abbildung C.5: γ -Koinzidenzspektrum des 168.2 A Gates

Tabelle C.6: γ -Linien des 170.6 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{vi}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
107.25	0.15	79	14	0.110	
124.49	0.06	239	16	0.217	
140.93	0.04	825	40	0.937	
147.83	0.04	1000	43	0.756	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.55	0.28	66	18	0.313	
160.63	0.31	74	22	0.476	
162.49	0.18	139	24	0.642	
166.43	0.02	4075	94	1.303	
168.15	0.15	320	54	0.563	168.37 keV (M1) ^{196}Au
171.20	0.09	239	24	0.713	
174.49	0.39	44	16	0.178	
177.31	0.24	206	64	0.796	177.35 keV ^{196}Au
178.54	0.24	207	65	0.516	
182.60	0.31	53	17	0.489	
188.49	0.09	249	25	1.188	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.24	0.09	245	24	2.249	
213.30	0.11	201	23	1.132	212.82 keV ^{196}Au
215.98	0.07	384	29	0.857	
220.06	0.18	101	19	0.162	219.94 keV ^{196}Au
226.85	0.09	246	25	1.362	
234.58	0.20	92	19	1.120	
259.69	0.20	149	30	0.072	
261.29	0.36	91	26	0.621	
263.56	0.21	89	17	1.570	
268.05	0.16	98	16	0.754	
279.02	0.24	61	15	0.360	
286.02	0.15	121	17	0.768	
288.56	0.12	165	19	0.637	
300.84	0.19	92	17	0.470	
309.04	0.22	75	16	0.228	
319.71	0.12	169	20	0.161	
331.69	0.15	97	14	0.946	
339.03	0.12	125	15	0.351	
352.42	0.43	39	15	0.372	
355.74	0.08	375	30	0.855	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
359.49	0.23	79	18	0.790	
365.10	0.20	133	23	2.161	365.53 keV ^{196}Au
367.36	0.12	247	28	0.421	

Fortsetzung auf der nächsten Seite^{vi}relative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.6: *Fortsetzung: γ -Linien des 170.6 A Gates*

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
372.79	0.32	57	17	0.860	
375.68	0.19	104	19	0.831	
380.60	0.49	33	15	0.510	
383.90	0.19	105	19	1.218	
391.40	0.36	59	18	0.857	
393.88	0.10	280	28	0.584	
403.85	0.07	389	28	1.100	
407.29	0.25	68	16	0.849	
420.07	0.09	265	24	1.508	
425.67	0.09	261	24	0.508	
502.12	0.15	116	17	1.159	
506.25	0.29	51	13	0.886	
510.78	0.17	102	16	1.261	
514.33	0.26	60	14	0.655	
521.29	0.12	162	19	0.837	
533.68	0.13	138	17	0.447	

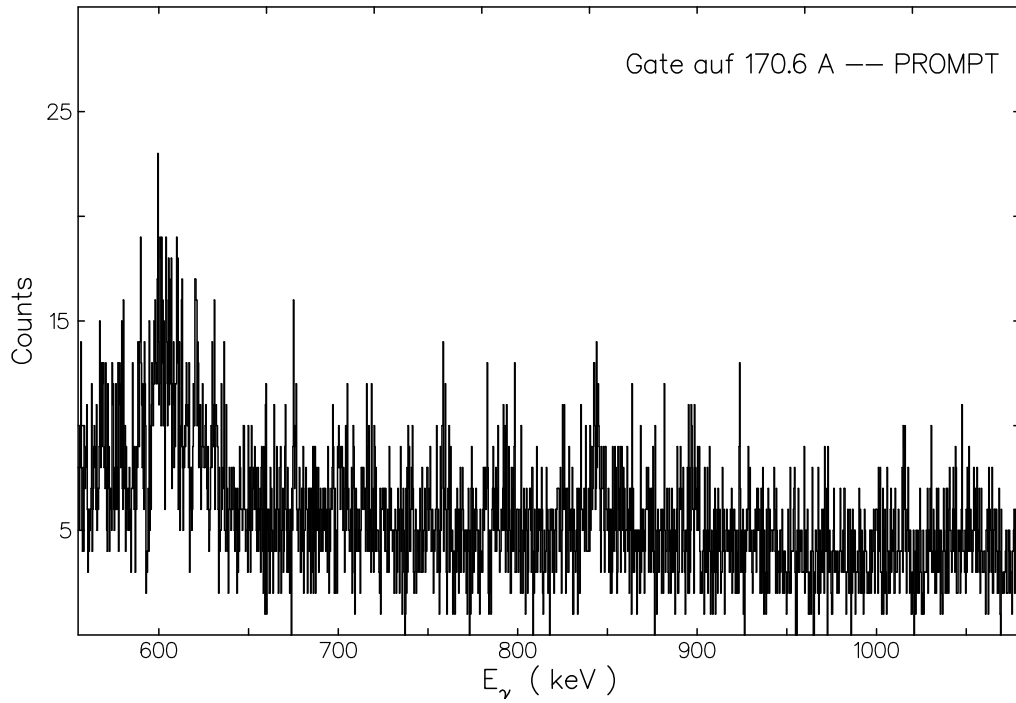
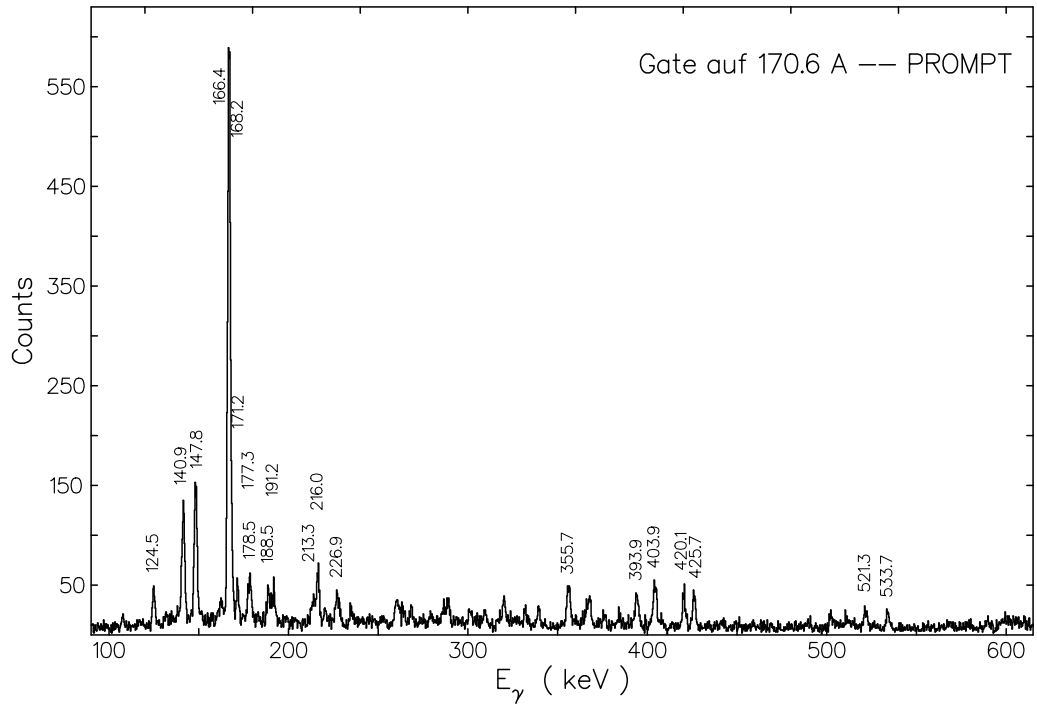
Abbildung C.6: γ -Koinzidenzspektrum des 170.6 A Gates

Tabelle C.7: γ -Linien des 175.7 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{vii}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
116.20	0.13	9	1	1.350	
135.09	0.27	8	2	0.558	135.23 keV ^{196}Au
137.16	0.08	36	3	1.179	137.69 keV (M1) ^{196}Au
139.97	0.19	11	2	2.116	
144.56	0.18	12	2	2.336	
147.83	0.01	1000	13	1.674	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.38	0.10	30	3	1.742	
154.51	0.24	7	2	0.531	
161.18	0.18	10	2	0.928	
163.11	0.15	12	2	0.393	
166.37	0.14	11	2	0.813	
168.67	0.16	9	1	0.655	168.37 keV (M1) ^{196}Au
175.16	0.14	13	2	1.357	
177.42	0.03	97	3	1.387	177.35 keV ^{196}Au
182.60	0.18	7	1	1.081	
186.60	0.49	4	2	0.888	
188.29	0.35	5	2	0.190	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.51	0.12	12	2	0.552	
212.87	0.12	11	1	0.927	212.82 keV ^{196}Au
215.86	0.10	14	1	0.438	
219.92	0.02	136	3	0.788	219.94 keV ^{196}Au
222.81	0.19	7	1	0.605	
227.17	0.21	6	1	1.438	
234.30	0.15	8	1	0.868	
237.26	0.28	4	1	0.417	
239.69	0.15	10	1	1.500	
241.85	0.45	3	1	0.357	
247.86	0.21	6	1	0.139	
250.54	0.26	5	1	0.793	
261.19	0.08	23	2	1.129	
264.13	0.11	15	2	0.859	
268.92	0.13	11	1	2.818	
274.74	0.23	6	1	0.755	
279.21	0.11	18	2	1.036	
281.27	0.12	17	2	0.407	
285.23	0.18	7	1	0.479	285.49 keV (E2) ^{196}Au
291.75	0.14	18	2	0.461	
293.64	0.05	72	3	0.563	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

^{vii}relative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.7: *Fortsetzung*: γ -Linien des 175.7 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
297.19	0.21	6	1	0.855	
303.81	0.20	6	1	0.825	
322.67	0.35	6	2	0.269	
324.60	0.35	8	2	0.424	
326.67	0.29	7	2	0.894	
332.93	0.17	9	2	0.600	
336.23	0.30	5	1	0.594	
338.87	0.16	11	2	1.040	
353.37	0.17	10	1	1.542	
355.86	0.09	21	2	0.569	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
375.65	0.29	5	1	0.606	
380.14	0.30	4	1	0.893	
383.62	0.24	6	1	0.534	
394.74	0.03	100	3	1.128	
419.94	0.14	10	1	1.348	
424.02	0.45	4	2	0.863	
425.91	0.12	19	2	0.653	
463.02	0.17	9	1	0.957	
478.84	0.14	11	1	1.431	
487.60	0.25	6	1	0.687	
500.54	0.10	18	2	1.689	
506.43	0.24	6	1	0.978	
512.08	0.14	12	2	1.144	
520.90	0.39	4	1	1.303	
527.73	0.06	40	2	0.870	

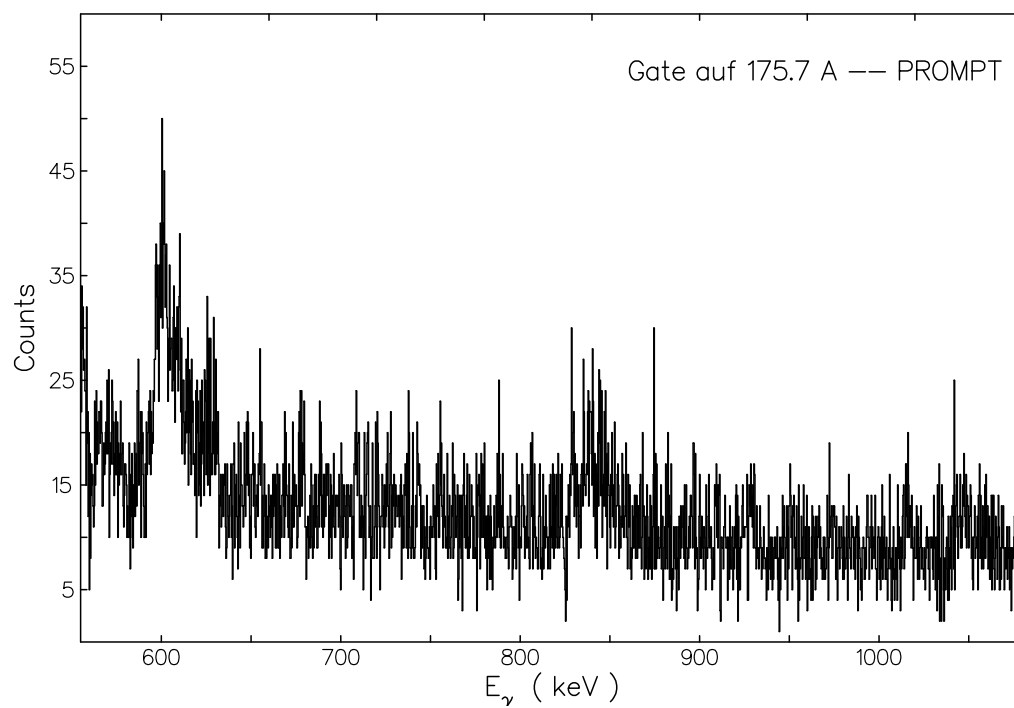
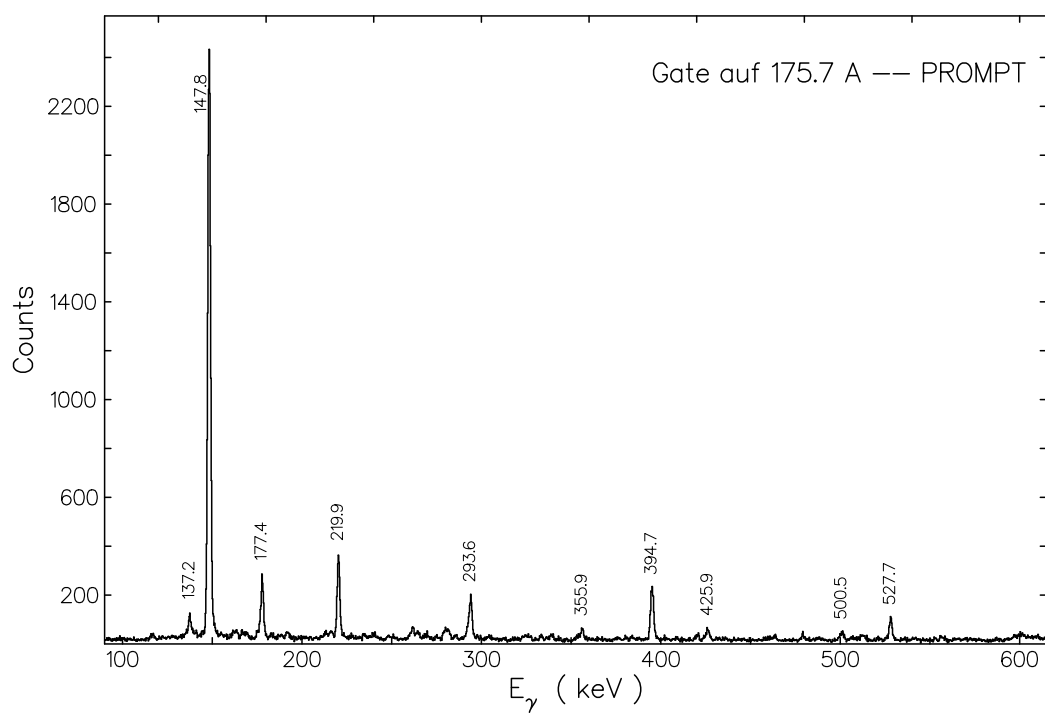


Abbildung C.7: γ -Koinzidenzspektrum des 175.7 A Gates

Tabelle C.8: γ -Linien des 178.3 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{viii}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
126.03	0.22	200	47	1.336	
132.60	0.21	229	50	0.891	
135.14	0.16	467	73	0.786	135.23 keV ^{196}Au
137.11	0.05	1793	107	0.819	137.69 keV (M1) ^{196}Au
140.37	0.13	419	58	0.756	
147.82	0.07	1000	78	0.724	147.81 keV (E2) ^{196}Au
151.05	0.12	433	59	0.255	
157.33	0.15	330	55	1.326	
160.65	0.30	228	68	1.359	
162.44	0.23	427	74	0.724	
164.32	0.47	169	59	0.703	
166.53	0.18	469	69	1.026	
168.39	0.45	162	56	0.275	168.37 keV (M1) ^{196}Au
170.59	0.41	138	50	0.413	
177.90	0.18	227	43	0.264	177.35 keV ^{196}Au
182.82	0.07	701	58	0.090	
188.45	0.15	302	46	0.565	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.56	0.07	716	59	0.544	
210.61	0.12	506	57	0.709	
212.95	0.07	938	68	0.971	212.82 keV ^{196}Au
215.94	0.03	2632	97	0.431	
234.47	0.11	546	61	1.119	
237.38	0.34	144	47	0.376	
251.06	0.18	280	51	0.378	
278.95	0.06	1459	97	0.581	
281.64	0.18	378	65	1.389	
288.57	2.56	74	49	2.363	
292.73	0.08	1010	83	0.256	
295.48	0.54	129	56	0.615	
297.64	0.37	176	58	0.606	
303.67	0.20	279	56	1.864	
319.65	0.24	232	51	1.366	
322.39	0.09	739	68	1.815	
326.20	0.19	283	52	0.454	
339.08	0.08	912	73	0.654	
353.38	0.20	330	59	0.685	
355.80	0.08	1000	79	1.041	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
365.45	0.19	288	53	1.008	365.53 keV ^{196}Au

Fortsetzung auf der nächsten Seite^{viii}relative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.8: *Fortsetzung: γ -Linien des 178.3 A Gates*

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
375.61	0.10	656	65	0.754	408.08 keV ^{196}Au
393.65	0.18	304	52	0.480	
403.41	0.37	133	44	0.656	
408.54	0.26	195	46	0.525	
425.95	0.10	617	60	0.235	
441.86	0.23	208	44	1.675	
457.71	0.09	785	69	0.615	
460.54	0.34	188	48	0.311	
463.21	0.14	468	59	0.876	
468.38	0.19	276	49	0.706	
472.47	0.31	156	44	0.259	
479.84	0.34	141	43	0.331	
490.37	0.14	413	55	1.368	
506.70	0.12	454	51	0.652	
510.20	0.27	263	57	0.802	
512.24	0.30	229	56	0.581	
521.23	0.23	204	42	0.731	

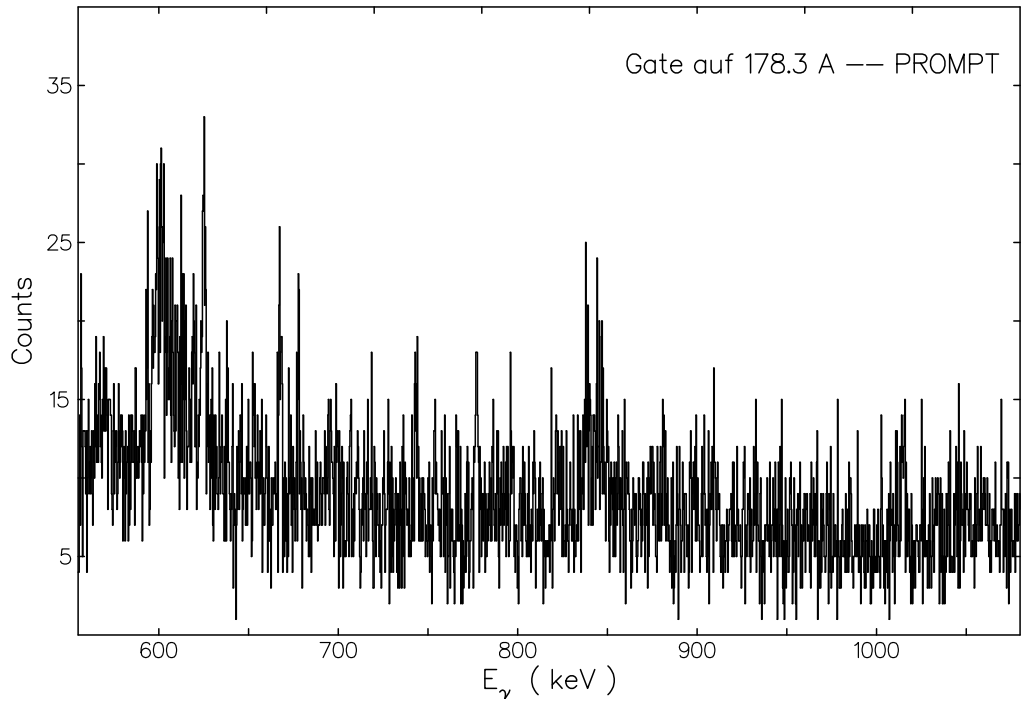
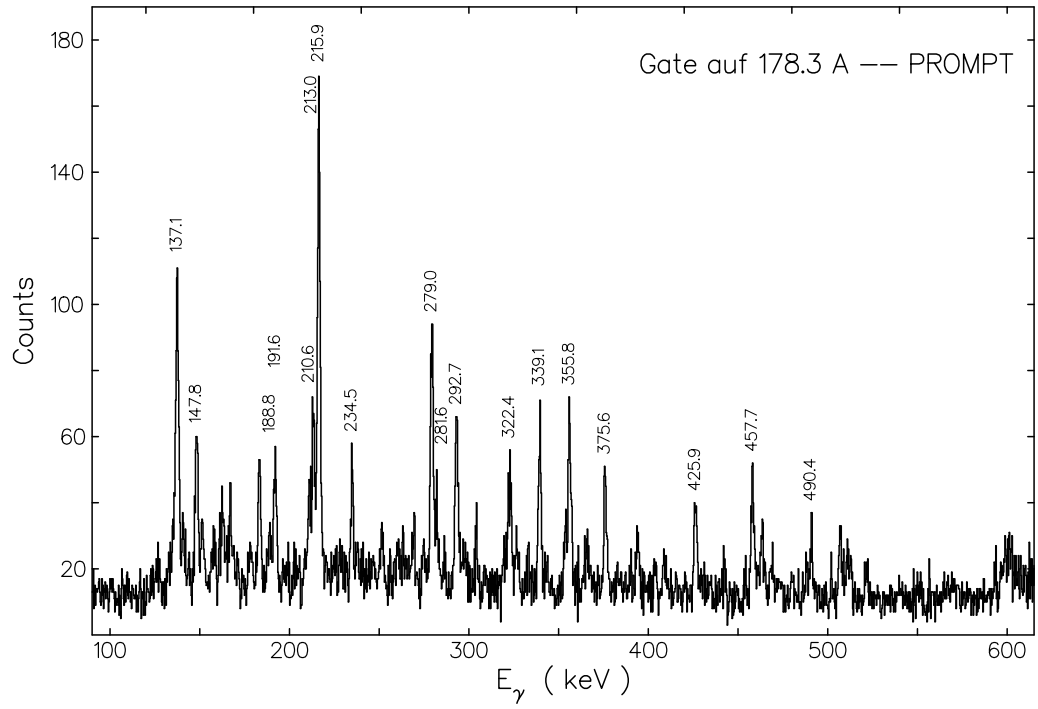
Abbildung C.8: γ -Koinzidenzspektrum des 178.3 A Gates

Tabelle C.9: γ -Linien des 188.1 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{ix}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
122.16	0.10	186	22	0.806	
128.11	0.30	73	21	0.647	
129.89	0.42	55	20	0.463	
132.45	0.20	101	20	0.397	
134.98	0.41	46	18	0.995	135.23 keV ^{196}Au
137.39	0.12	181	23	0.831	137.69 keV (M1) ^{196}Au
147.82	0.04	1000	43	1.703	147.81 keV (E2) ^{196}Au
150.76	0.35	53	18	1.305	
157.00	0.19	103	20	0.630	
160.85	0.13	219	29	0.396	
162.70	0.25	107	25	0.286	
166.37	0.13	258	33	1.002	
168.12	0.16	197	31	0.665	168.37 keV (M1) ^{196}Au
175.09	0.31	60	19	0.685	
178.26	0.20	100	21	1.144	
182.78	0.19	112	22	1.234	
188.36	0.11	335	36	0.724	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
190.40	0.45	172	66	0.124	
191.68	0.25	233	77	0.356	
194.73	0.35	58	20	0.723	
212.83	0.15	137	21	0.958	212.82 keV ^{196}Au
216.38	0.28	66	19	0.695	
227.77	0.24	80	20	1.378	
234.84	0.23	88	20	1.116	
240.22	0.16	135	22	0.439	
246.42	0.13	179	24	0.653	
259.51	0.25	110	25	0.685	
261.54	0.28	117	25	0.423	
263.92	0.14	203	26	0.528	
274.16	0.02	5374	125	2.416	
278.75	0.14	271	38	0.897	
281.54	0.08	622	50	1.314	
292.38	0.14	180	25	1.189	
296.64	0.06	579	36	1.573	
300.10	0.30	72	20	0.580	
304.07	0.18	125	22	0.373	
320.37	0.33	104	31	0.372	
322.53	0.06	872	52	0.369	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

^{ix}relative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.9: *Fortsetzung*: γ -Linien des 188.1 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
326.04	0.20	131	25	0.485	
332.38	0.20	125	24	1.253	
339.10	0.14	187	27	0.256	
345.70	0.12	230	29	0.994	
355.72	0.11	289	32	1.838	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
358.22	0.38	69	22	0.606	
362.50	0.05	884	49	0.870	
365.07	0.38	72	24	0.575	365.53 keV ^{196}Au
369.80	0.23	105	23	1.045	
390.26	0.10	289	30	1.194	
393.13	0.28	83	21	1.118	
426.14	0.13	232	26	1.174	
428.75	0.05	816	40	0.251	
441.81	0.02	2237	60	0.908	
445.62	0.26	78	18	0.881	
449.07	0.25	78	18	1.435	
453.67	0.25	79	18	0.936	
498.77	0.18	127	21	1.170	
511.15	0.08	412	31	0.572	
514.48	0.29	79	19	0.746	
561.21	0.17	124	19	0.976	
570.58	0.06	603	33	1.150	
573.79	0.10	303	26	0.967	
715.48	0.08	412	30	0.740	
725.34	0.13	201	23	0.576	

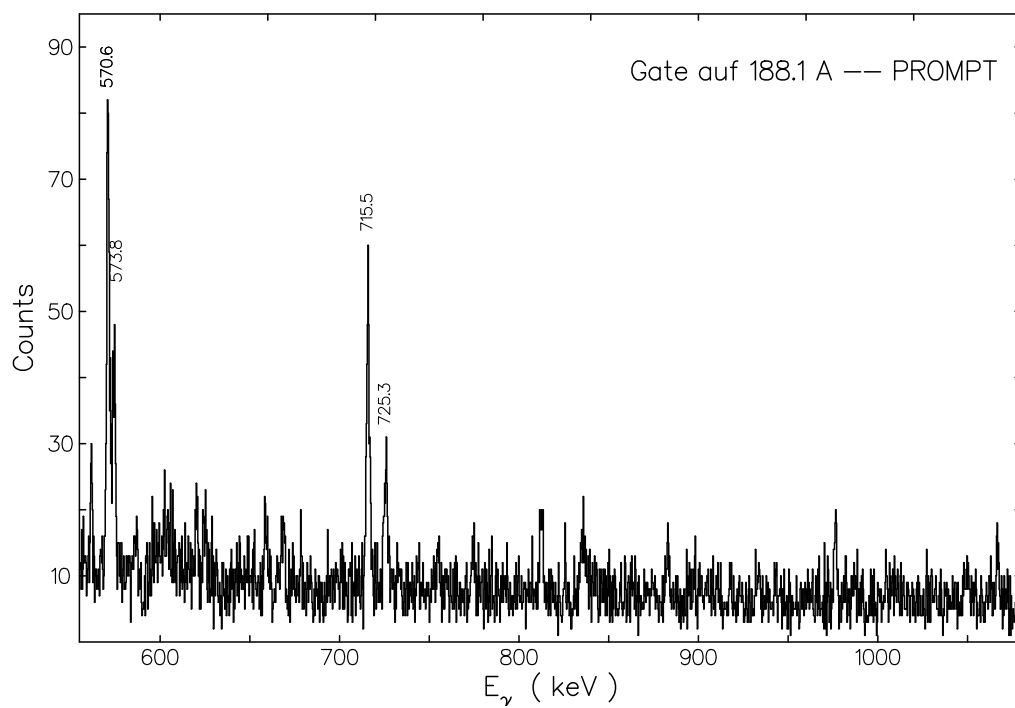
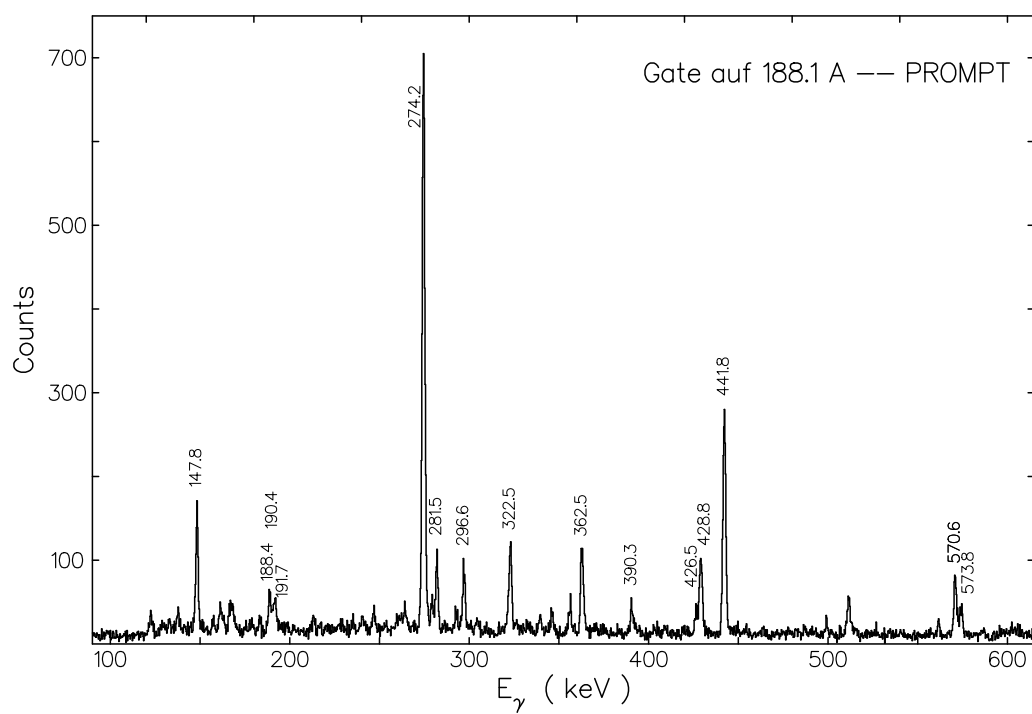


Abbildung C.9: γ -Koinzidenzspektrum des 188.1 A Gates

Tabelle C.10: γ -Linien des 189.6 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^x	ΔA	χ^2	Bemerkungen
122.11	0.08	79	8	0.879	
132.22	0.14	63	10	0.910	
137.78	0.27	29	8	0.928	137.69 keV (M1) ^{196}Au
147.87	0.02	1000	28	1.583	147.81 keV (E2) ^{196}Au
156.39	0.31	25	8	0.645	
161.70	0.11	88	11	1.088	
166.66	0.10	132	14	1.441	
168.54	0.17	70	12	2.353	168.37 keV (M1) ^{196}Au
176.96	0.31	19	6	0.661	177.35 keV ^{196}Au
180.51	0.30	24	7	0.258	
182.65	0.18	43	7	1.179	
188.29	0.09	94	9	0.327	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.36	0.08	113	9	0.381	
213.10	0.18	39	7	0.584	212.82 keV ^{196}Au
216.27	0.22	30	7	0.606	
219.67	0.28	23	6	0.725	219.94 keV ^{196}Au
227.56	0.11	69	8	0.826	
234.55	0.16	44	7	0.609	
246.70	0.20	33	7	1.080	
259.47	0.15	66	10	1.255	
263.96	0.19	47	9	1.525	
274.19	0.02	1379	33	2.270	
278.73	0.09	160	14	0.737	durch 130.16 L ₃ -Linie in ^{197}Au
280.98	0.26	43	10	0.815	
285.21	0.37	23	8	1.855	285.49 keV (E2) ^{196}Au
292.73	0.20	40	8	1.048	
296.53	0.06	172	12	0.841	
299.51	0.27	28	7	1.048	
303.69	0.13	62	8	1.739	
322.45	0.06	218	15	1.000	
326.10	0.20	43	9	1.302	
332.97	0.19	45	9	0.976	
338.97	0.05	174	9	0.621	durch 127.3 M ₁ -Linie in Au
345.59	0.13	45	6	0.361	
355.75	0.09	103	9	0.806	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
362.52	0.05	243	13	0.939	
365.30	0.35	21	6	1.055	365.53 keV ^{196}Au
368.84	0.22	32	7	0.171	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

^xrelative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.10: *Fortsetzung:* γ -Linien des 189.6 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
375.39	0.26	26	6	0.958	
390.36	0.09	75	7	0.702	
394.31	0.15	40	6	0.514	
425.97	0.12	83	9	0.269	
428.79	0.07	186	12	0.518	
441.78	0.03	547	19	1.082	
455.01	0.23	35	7	0.941	
511.21	0.11	110	12	0.873	
570.50	0.07	152	10	1.210	
573.63	0.11	86	9	0.742	
715.38	0.11	114	11	1.284	
725.46	0.17	60	9	1.623	

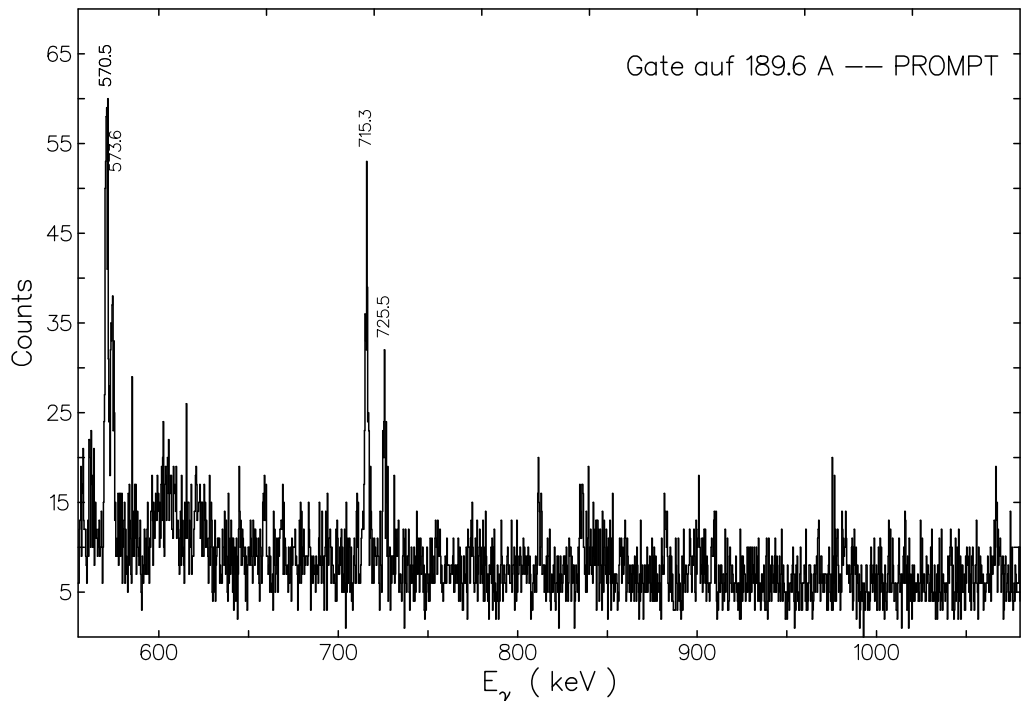
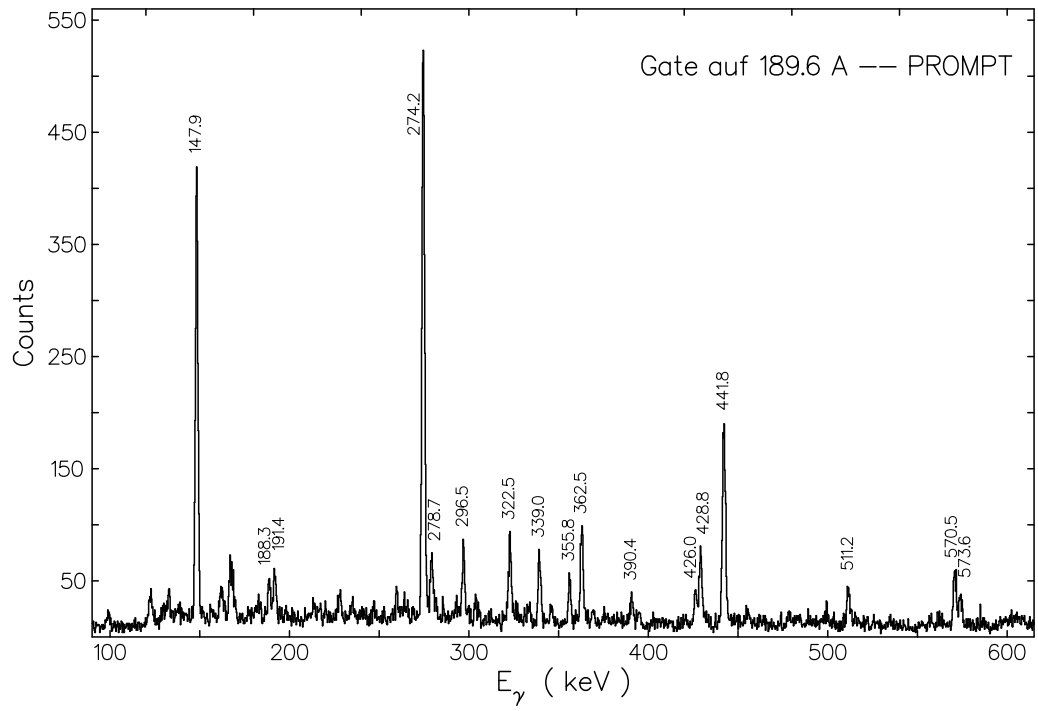
Abbildung C.10: γ -Koinzidenzspektrum des 189.6 A Gates

Tabelle C.11: γ -Linien des 197.0 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{xi}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
132.75	0.18	252	47	0.574	
136.07	0.38	200	89	0.479	
137.71	0.07	1614	108	0.719	137.69 keV (M1) ^{196}Au
139.92	0.19	299	54	0.834	
147.81	0.06	1000	68	0.857	147.81 keV (E2) ^{196}Au
156.53	0.20	198	41	0.295	
161.07	0.14	536	78	0.599	
162.72	0.05	1805	95	0.328	durch 212.8 K-Linie in Au
166.29	0.07	983	69	0.729	
168.40	0.03	3114	98	1.677	168.37 keV (M1) ^{196}Au
170.78	0.32	156	46	0.912	
177.17	0.08	833	72	1.019	177.35 keV ^{196}Au
182.73	0.15	372	59	2.156	
188.30	0.02	6587	156	0.831	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
191.35	0.09	987	84	0.462	
193.27	0.24	310	69	0.520	
197.59	0.15	258	39	0.305	
219.90	0.08	874	72	1.797	219.94 keV ^{196}Au
259.23	0.03	3252	105	1.027	
261.52	0.18	448	62	0.620	
263.83	0.18	321	53	0.805	
274.20	0.02	4616	120	1.312	
276.50	0.27	272	57	0.287	
278.97	0.22	265	50	0.753	
281.60	0.19	275	49	0.520	
285.38	0.20	242	47	0.382	285.49 keV (E2) ^{196}Au
293.53	0.09	607	53	0.530	
296.39	0.10	553	51	1.025	
300.71	0.07	881	58	0.917	
303.72	0.20	432	80	0.471	
305.31	0.21	397	81	0.365	
322.48	0.08	835	68	1.037	
326.42	0.22	246	51	0.461	
332.91	0.24	216	50	0.781	
339.00	0.06	1198	76	0.339	durch 212.8 K-Linie in Au
352.61	0.28	171	42	0.874	
355.43	0.06	1116	66	0.713	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
358.59	0.03	2368	86	0.676	durch 212.8 K-Linie in Au

Fortsetzung auf der nächsten Seite^{xi}relative Fläche, A(147.8 keV) normiert auf 1000

Tabelle C.11: *Fortsetzung*: γ -Linien des 197.0 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
362.38	0.07	832	59	0.706	365.53 keV ^{196}Au
365.55	0.07	881	60	0.550	
373.73	0.19	259	46	0.808	
380.93	0.31	147	42	0.473	
390.34	0.15	343	48	0.523	
394.57	0.08	743	59	1.677	408.08 keV ^{196}Au
401.44	0.13	379	48	0.721	
408.17	0.07	834	60	0.600	
419.14	0.32	167	48	1.382	
425.59	0.09	845	70	1.332	
428.90	0.08	879	71	0.503	
434.10	0.37	142	47	0.589	
441.74	0.04	2167	99	1.319	
449.44	0.42	125	46	0.843	
455.51	0.17	362	55	1.154	
462.41	0.27	206	49	0.583	
467.49	0.53	98	45	0.733	
471.90	0.55	94	45	0.592	
510.92	0.11	590	60	0.899	
513.81	0.30	193	48	0.885	
527.82	0.15	396	53	0.375	
535.08	0.24	219	46	1.275	
570.58	0.11	530	50	0.549	
574.33	0.21	229	41	0.733	
606.57	0.16	471	63	1.902	
664.17	0.11	641	62	0.982	
715.53	0.19	363	57	1.090	
727.33	0.15	486	61	0.823	
731.65	0.14	527	62	1.058	

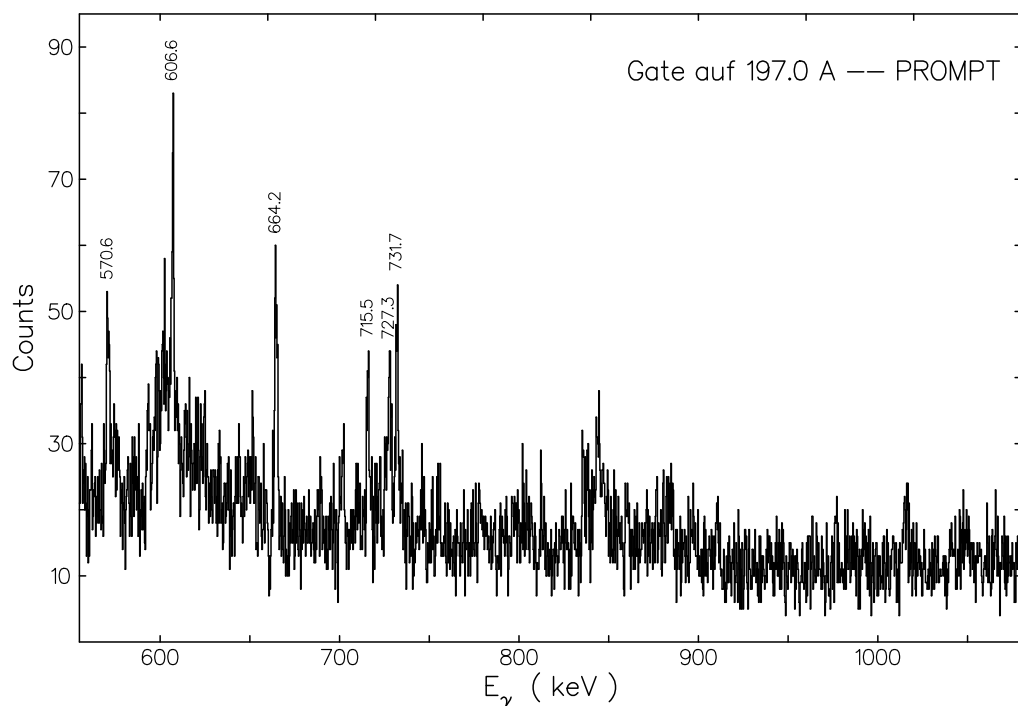
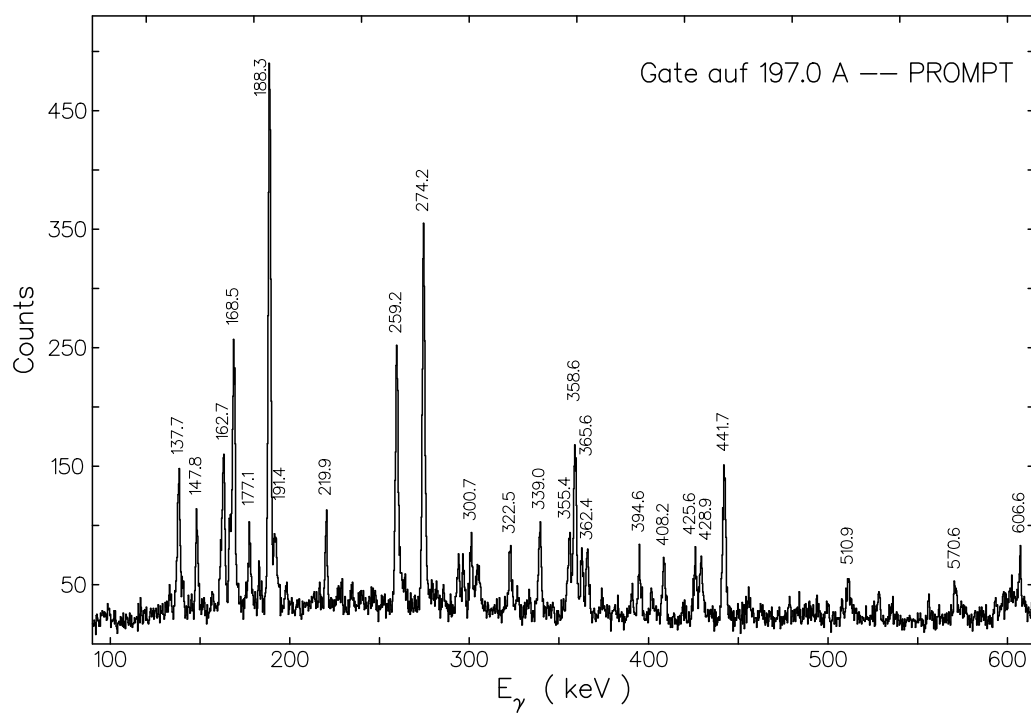


Abbildung C.11: γ -Koinzidenzspektrum des 197.0 A Gates

Tabelle C.12: γ -Linien des 198.6 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A^{xii}	ΔA	χ^2	Bemerkungen
116.21	0.10	234	27	0.449	
121.84	0.15	158	25	0.669	
124.47	0.25	88	22	0.300	
127.52	0.22	106	24	0.518	
129.90	0.19	139	25	0.769	
132.45	0.08	366	32	0.788	
135.11	0.23	121	26	2.018	135.23 keV ^{196}Au
137.61	0.03	2340	67	0.471	137.69 keV (M1) ^{196}Au
139.70	0.17	205	33	0.683	
143.02	0.31	72	23	0.722	
147.80	0.04	1000	45	0.873	147.81 keV (E2) ^{196}Au
151.09	0.19	133	25	1.432	
154.33	0.40	77	28	0.198	
156.22	0.22	173	31	0.603	
158.33	0.27	112	27	0.360	
160.99	0.21	167	31	0.713	
162.89	0.14	248	34	1.580	
166.32	0.05	1228	60	1.299	
168.39	0.02	4163	90	0.972	168.37 keV (M1) ^{196}Au
171.10	0.15	211	30	1.273	
174.69	0.12	244	31	0.774	
177.35	0.04	1038	47	1.315	177.35 keV ^{196}Au
182.88	0.07	456	35	0.913	
188.27	0.01	8209	115	1.473	188.27 keV (M1+E2) ^{196}Au
190.99	0.15	594	82	0.901	
192.32	0.27	252	86	1.115	
198.09	0.11	282	32	0.844	
212.96	0.15	140	22	0.649	212.82 keV ^{196}Au
216.42	0.20	107	21	0.613	
219.94	0.03	1262	39	1.000	219.94 keV ^{196}Au
223.15	0.13	183	22	1.599	
226.21	0.12	325	36	0.597	
227.86	0.14	263	36	0.308	
234.74	0.15	147	21	0.329	
238.31	0.23	119	24	0.155	
240.24	0.17	165	25	0.422	
243.77	0.28	74	20	1.021	
246.88	0.21	98	20	0.759	

Fortsetzung auf der nächsten Seite^{xii}relative Fläche, $A(147.8 \text{ keV})$ normiert auf 1000

Tabelle C.12: *Fortsetzung*: γ -Linien des 198.6 A Gates

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
255.05	0.18	141	25	1.271	
259.21	0.02	4545	84	1.540	
261.43	0.10	503	42	1.582	
263.95	0.12	262	30	0.675	
267.74	0.21	118	25	0.633	
274.43	0.04	839	40	2.682	
280.93	0.10	281	29	0.332	
285.20	0.16	159	26	0.623	285.49 keV (E2) ^{196}Au
293.60	0.05	713	38	0.602	
296.16	0.13	235	28	0.796	
301.75	0.38	81	26	0.512	
303.80	0.22	147	28	1.197	
310.53	0.44	54	22	0.190	
320.38	0.21	144	26	1.315	
322.51	0.14	245	28	1.403	
325.31	0.15	178	24	1.008	
333.60	0.16	151	23	1.487	
338.68	0.18	133	23	1.213	
349.72	0.22	105	22	0.263	
353.12	0.28	128	30	0.631	
355.13	0.05	940	43	2.798	355.68 keV (E2) ^{196}Pt
358.15	0.13	205	24	0.506	
362.62	0.25	101	22	0.374	
365.53	0.04	1077	39	2.009	365.53 keV ^{196}Au
380.42	0.16	156	23	0.593	
383.25	0.26	95	21	0.465	
389.10	0.22	112	22	0.725	
391.84	0.24	117	23	0.790	
394.72	0.04	1021	39	0.905	
403.29	0.27	86	21	0.768	
408.08	0.04	1040	39	1.706	408.08 keV ^{196}Au
419.97	0.30	82	22	0.635	
425.26	0.04	854	39	0.283	
428.96	0.11	266	27	0.681	
434.31	0.15	177	25	0.740	
440.34	0.24	253	66	1.772	
441.83	0.19	352	66	1.104	
445.11	0.58	43	21	0.755	
451.62	0.23	116	23	1.644	

Fortsetzung auf der nächsten Seite

Tabelle C.12: *Fortsetzung: γ -Linien des 198.6 A Gates*

E_γ [keV]	ΔE [keV]	A	ΔA	χ^2	Bemerkungen
454.98	0.18	149	24	1.074	
462.43	0.10	298	28	2.109	
471.96	0.17	125	19	1.110	
478.38	0.09	278	22	1.547	
482.22	0.10	229	21	0.743	
486.39	0.22	94	18	0.380	
493.48	0.09	284	23	0.699	
500.57	0.17	164	25	0.840	
510.38	0.14	259	30	0.846	
512.84	0.16	216	29	1.718	
520.41	0.21	132	24	1.347	
527.84	0.06	640	36	0.872	
535.40	0.15	194	26	0.828	
556.39	0.12	264	29	0.970	
563.65	0.25	118	25	0.733	
570.31	0.28	102	24	0.498	

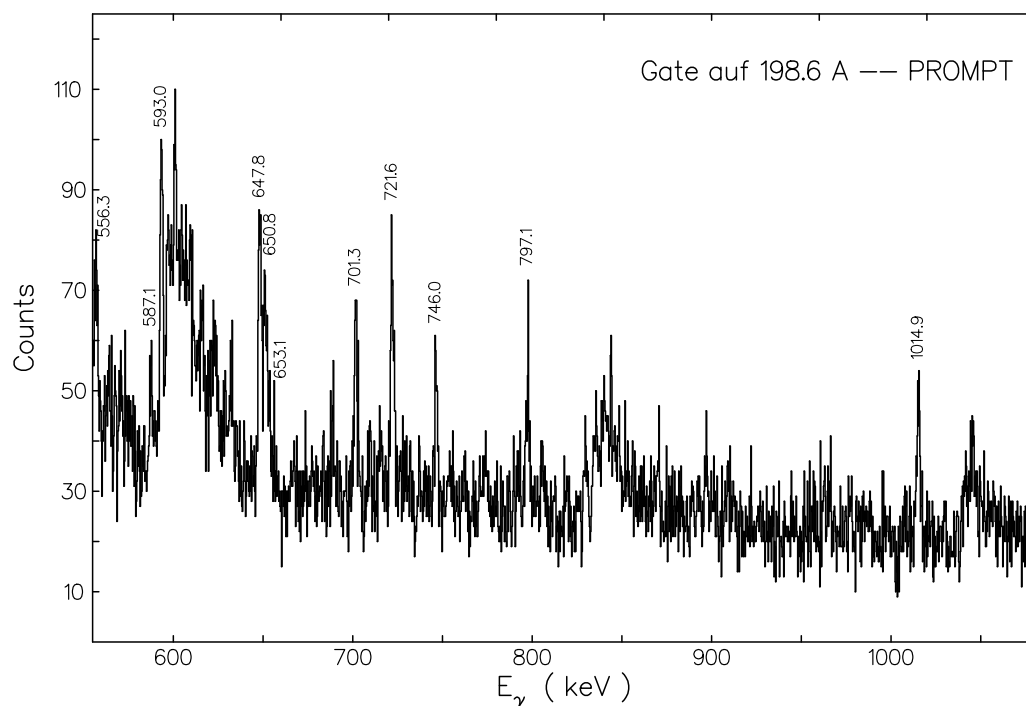
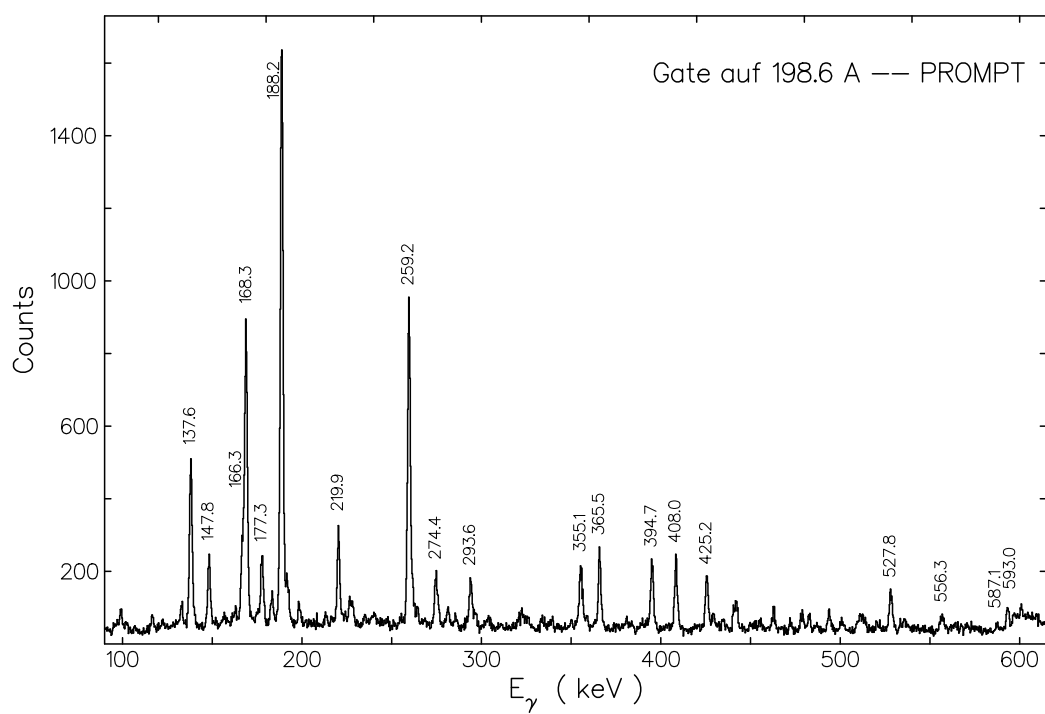


Abbildung C.12: γ -Koinzidenzspektrum des 198.6 A Gates

Abbildungsverzeichnis

2.1	Strahlführungssystem bis hin zum Strahlplatz 8	3
2.2	Das Doppelorangenspektrometer	4
2.3	Der Elektron–Gamma Aufbau an der großen Orange	6
2.4	Aufbau der NIM–Elektronik für e– γ –Koinzidenzmessungen	8
2.5	Energieabhängigkeit des Pulshöhenfensters als Beispiel für die „sliding window“ Analyse	11
3.1	altes Niveauschema des ^{190}Ir	13
3.2	neues Niveauschema des ^{190}Ir	13
3.3	Stromspektrum der Konversionselektronenmessung am ^{190}Ir	14
3.4	Bestimmung der Multipolarität des 22.45 keV Überganges im ^{190}Ir	15
3.5	γ –Koinzidenzspektrum am ^{190}Ir	17
3.6	Zerfall des $^{190}\text{Ir} \rightarrow ^{190}\text{Os}$	17
4.1	Niveauschema des ^{196}Au	22
4.2	Bestimmung der „sliding–window“ Grenzen am Beispiel der $^{196}\text{Pt}(d,2n)$ Reaktion; gemessen in einem Strombereich von I=190–530 A.	23
4.3	Vorteile der „sliding window“ Methode	23
4.4	Konversionsspektrum für den Strombereich von I=130–210 A	25
4.5	Konversionsspektrum für den Strombereich von I=190–530 A	26
4.6	Flächenverhältnisse der γ –Linien im 135.23 L ₂ und L ₃ Koinzidenzspektrum	28

4.7	γ -Koinzidenzspektren, in a) Koinzidenz mit der 135.23 L ₂ , b) Koinzidenz mit der 135.23 L ₃ und c) Koinzidenz mit der 135.23 M Linie	29
4.8	γ - γ -Koinzidenzspektrum mit Fenster auf die 339.0 keV γ -Linie . .	30
4.9	Flächenverhältnisse der γ -Linien im 135.23 M und L ₃ Koinzidenzspektrum und die der im 135.23 M und 147.81 L ₂ Koinzidenzspektrum	31
4.10	γ -Koinzidenzspektren, in a) Koinzidenz mit der 147.81 L ₂ und in b) Koinzidenz mit der 188.27 L ₃ Linie	33
4.11	Zwei neue Niveaus im ¹⁹⁶ Au bei 598.0 keV und bei 640.6 keV . . .	34
4.12	γ -Koinzidenzspektrum unter $\Theta = 50^\circ$ und $\Theta = 90^\circ$	36
A.1	Schaltplan des Spannungsteilers für den Photomultiplier vom Typ XP2020	40
A.2	Das große Orangenspektrometer am Strahlplatz 8	41
A.3	Vorhersagen des IBFFM für das ¹⁹⁶ Au	42
C.1	γ -Koinzidenzspektrum des 149.7 A Gates	51
C.2	γ -Koinzidenzspektrum des 151.5 A Gates	55
C.3	γ -Koinzidenzspektrum des 155.2 A Gates	59
C.4	γ -Koinzidenzspektrum des 157.1 A Gates	62
C.5	γ -Koinzidenzspektrum des 168.2 A Gates	65
C.6	γ -Koinzidenzspektrum des 170.6 A Gates	68
C.7	γ -Koinzidenzspektrum des 175.7 A Gates	71
C.8	γ -Koinzidenzspektrum des 178.3 A Gates	74
C.9	γ -Koinzidenzspektrum des 188.1 A Gates	77
C.10	γ -Koinzidenzspektrum des 189.6 A Gates	80
C.11	γ -Koinzidenzspektrum des 197.0 A Gates	83
C.12	γ -Koinzidenzspektrum des 198.6 A Gates	87

Tabellenverzeichnis

3.1	wichtige Daten für die M–Unterschalen des 22.45 keV Überganges	15
4.1	Eichlinien der Elektroneinzelmessungen	24
4.2	Übersicht über die verwendeten $^{152}_{63}\text{Eu}$ Eichlinien und ihre relativen Intensitäten	27
4.3	Konversionskoeffizienten des 135.23 keV und 121.8 keV Überganges	32
4.4	theoretische und experimentelle Winkelverteilung für einige Linien im 147.81 keV–Gate	35
B.1	Konversionselektronenlinien im Strombereich 130-210 A	44
B.2	Konversionselektronenlinien im Strombereich 190-530 A	45
C.1	γ -Linien des 149.7 A Gates	49
C.2	γ -Linien des 151.5 A Gates	52
C.3	γ -Linien des 155.2 A Gates	56
C.4	γ -Linien des 157.1 A Gates	60
C.5	γ -Linien des 168.2 A Gates	63
C.6	γ -Linien des 170.6 A Gates	66
C.7	γ -Linien des 175.7 A Gates	69
C.8	γ -Linien des 178.3 A Gates	72
C.9	γ -Linien des 188.1 A Gates	75
C.10	γ -Linien des 189.6 A Gates	78
C.11	γ -Linien des 197.0 A Gates	81
C.12	γ -Linien des 198.6 A Gates	84

Literaturverzeichnis

- [ABE⁺93] ACKERMANN, B., H. BALTZER, C. ENSEL, K. FREITRAG, V. GRAFEN, C. GÜNTHER, P. HERZOG, J. MANNS, M. MARTEN-TÖLLE, U. MÜLLER, J. PRINZ, I. ROMANSKI, R. TÖLLE, J. DEBOER, N. GOLLWITZER und H.J. MAIER: *Collective E1 transitions in even-A Ra, Th, and U nuclei*. Nuclear Physics A, 559:61–82, 1993.
- [Boe95] BOEHMSDORFF, STEPHAN: *Spektroskopie an ¹⁹⁶Au*. Diplomarbeit, Institut für Strahlen- und Kernphysik, 1995.
- [Buc89] BUCKEL, W.: *Supraleitung*. Physik–Verlag, Weinheim, 3. Auflage, 1989.
- [Cas90] CASTEN, RICHARD F.: *Nuclear structure from a simple perspective*. Oxford University press, 1990.
- [CF84] CASTEN, RICHARD F. und DA HSUAN FENG: *Nuclear dynamical supersymmetry*. Physic Today, Seiten 26–35, 1984.
- [Gra87] GRAFEN, VOLKER: *Konstruktion einer Targetsteuerung für das Bonner Orangenspektrometer und experimentelle Untersuchung von angeregten Kernzuständen in ¹⁹⁷Tl*. Diplomarbeit, Institut für Strahlen- und Kernphysik, 1987.
- [GWB⁺96] GARRETT, P.E., N. WARR, H. BALTZER, S. BOEHMSDORFF, D.G. BURKE, M. DÉLÈZE, S. DRISSI, J. GRÖGER, C. GÜNTHER, J. KERN, S.J. MANNANAL, J. MANNS, U. MÜLLER, J.-P. VORLET und T. WEBER: *Long-Lived Isomers in ¹⁹⁰Ir*. Nuclear Physics, October 1996. im Druck.
- [GZ95] GONGQING, WANG und TAO ZHENLAN. *Nuclear Data Sheets*, 76(1):53–60, 1995.
- [HH64] HARMATZ, B. und T.H. HANDLEY. *Nuclear Physics*, 56(1):1, 1964.
- [Iac80] IACHELLO, F. Physical Review Letters, 44:772, 1980.

- [IJHF85] ISACKER, P. VAN, J. JOLIE, K. HEYDE und A. FRANK: *Extension of Supersymmetry in Nuclear Structure*. Physical Review Letters, 54(7):653–656, 1985.
- [JDK⁺95] JOLIE, J., S. DRISSI, J. KERN, H. LEHMANN, S.J. MANNANAL, J.L. SCHENKER, N. WARR, H. BALTZER, S. BAEHMSDORFF, C. GÜNTHER, J. MANNS, T. WEBER, P.E. GARRET und A. APRAMIAN: *Test of supersymmetry using in-beam study of ^{196}Au* . Proposal am Paul-Scherrer-Institut, April 1995.
- [Jol96] JOLIE, J. persönliche Mitteilungen, 1996.
- [LS78] LEDERER und SHIRLEY (Herausgeber): *Table of Isotopes*. 7 Auflage, 1978.
- [Man96] MANNS, JOACHIM: „In-beam“-Spektroskopie an ^{227}Th . Doktorarbeit, Institut für Strahlen- und Kernphysik, 1996.
- [Phi90] PHILIPS: *Data Handbook Photomultipliers*, Book PC04 Auflage, 1990.
- [Rad] RADFORD, DAVID: *RADWARE-Paket*.
<http://www.aecl.ca/pub/radfordd>. e-mail: RadfordD@crl.aecl.ca.
- [RBV⁺93] ROTBARD, G., G. BERRIER, M. VERGNES, S. FORTIER, J. KALIFA, J.M. MAISON, L. ROSIER J. VERNOTTE, P. VAN ISACKER und J. JOLIE: *Transfer results for odd-odd ^{196}Au and the extended supersymmetry*. Physical Review C, 47(5):772, 1993.
- [RFAP78] RÖSEL, F., H.M. FREIS, K. ALDER und H.C. PAULI: *Internal Conversion Coefficients*. Atomic Data and Nuclear Data Tables, 21(4-5):358 and 343, April-May 1978.
- [Sie79] SIEGBAHN, KAI (Herausgeber): *Alpha-, Beta- and Gamma-Ray Spectroscopy*, Band 1, Kapitel III, Seite 83. North-Holland Publishing Company, 5 Auflage, 1979.
- [Sin90] SINGH, B. *Nuclear Data Sheets*, 61(2):243, 1990.
- [Ste95] STELZER, H.: *CAMDA, eine Datenaufnahmesoftware*, 1995.
- [Vil81] VILTER, WALTRAUD: *Messung niederenergetischer Elektronen am Zyklotron*. Staatsexamensarbeit, Institut für Strahlen- und Kernphysik, 1981.
- [Web96] WEBER, T. persönliche Mitteilungen, 1996.
- [Yam67] YAMAZAKI, T.: *Tables of coefficients for angular distribution of gamma rays from aligned nuclei*. Nuclear Data, 3(1):1–23, 1967. Section A.

Danksagung

Ich danke Herrn Prof. C. Günther für die sehr gute Betreuung sowie seine Anregungen und Ideen, ohne die diese Arbeit nie entstanden wäre.

Herrn Prof. P. Herzog danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Diese Arbeit wäre nicht möglich gewesen ohne die Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe in Fribourg. Ich danke daher ganz besonders Herrn Prof. Dr. J. Kern, Herrn Dr. J. Jolie und ihrer Arbeitsgruppe für die harmonische Zusammenarbeit und gute Unterstützung.

Ich danke Herrn S. Boehmsdorff, Herrn Dr. J. Manns und Herrn U. Müller für ihre Gesprächsbereitschaft und die Möglichkeit von ihrer Erfahrung zu profitieren.

Ein besonderer Dank gilt Herrn T. Weber. Seine theoretischen Kenntnisse waren mir oft von großem Nutzen und seine Gesprächsbereitschaft hat viel zum Gelingen der Arbeit beigetragen.

Ich danke auch den Mitarbeitern unseres Institutes, insbesondere denen der Feinmechanikwerkstatt, des Elektroniklabors und den Zyklotronoperatoren, sowie denen des Paul-Scherrer-Institutes, ohne die solch eine Arbeit gar nicht machbar wäre.

Meinen Eltern danke ich herzlich für Ihren Zuspruch und die Finanzierung meines Studiums.

Ein ganz persönlicher Dank gilt Frau Ulrike Männig für Ihre liebevolle Unterstützung.

An dieser Stelle möchte ich mich auch bei meinen früheren Kommilitonen bedanken, ohne die das Studium sicherlich viel weniger Freude bereitet hätte.