

**Zeitschrift:** Helvetica Physica Acta  
**Band:** 40 (1967)  
**Heft:** 5  
  
**Artikel:** Energiereiche Gammastrahlung des  $^{192}\text{Ir}$   
**Autor:** Schellenberg, L. / Huber, O. / Siffert, P.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-113786>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.05.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## Energiereiche Gammastrahlung des $^{192}\text{Ir}$

von **L. Schellenberg** und **O. Huber**

Physikinstitut der Universität Fribourg, Schweiz

und

**P. Siffert** und **J. M. Kuchly**

Département de Physique des Rayonnements et d'Electronique Nucléaire, Centre de Recherches Nucléaire, Strasbourg-Cronenbourg, France

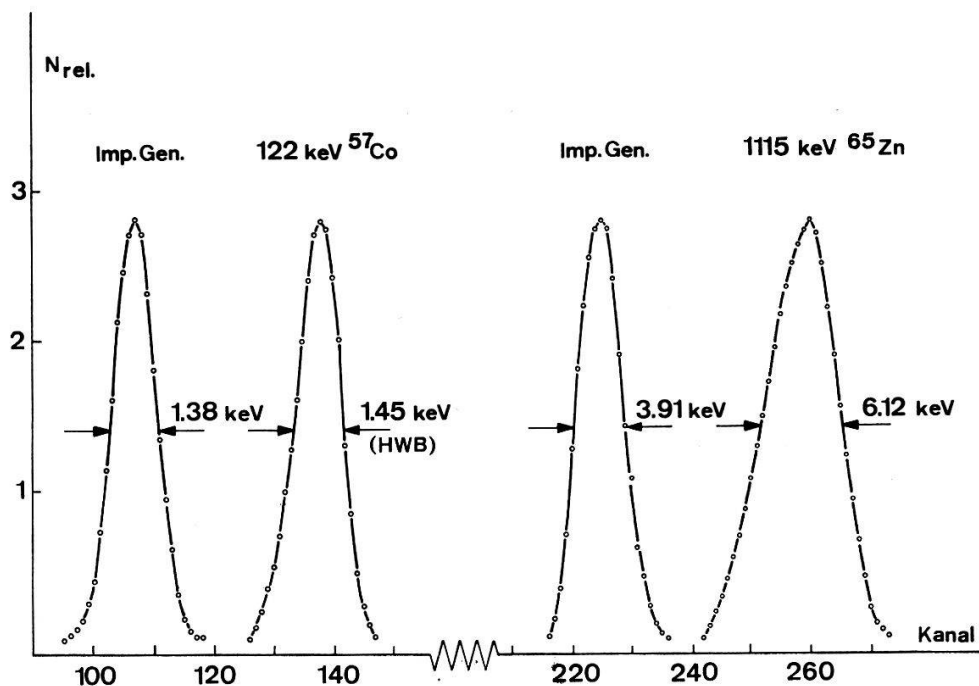
(3. III. 67)

*Abstract:* The higher energy gamma spectrum resulting from the decay of  $^{192}\text{Ir}$  has been studied with lithium drifted germanium detectors. Gamma ray energies and intensities are given for the transitions above 800 keV and for some prominent lines at lower energy. No new lines have been found. Two recently reported [3] transitions at 1115 and 1459 keV can not be attributed to the Ir decay.

Die Niveauschemata von  $^{192}\text{Os}$  und  $^{192}\text{Pt}$  sind vom theoretischen Standpunkt aus besonders interessant, da sie sich im Übergangsgebiet zwischen den deformierten und den sphärischen Kernen befinden. Eine der Möglichkeiten zum Studium dieser Kerne besteht in der Untersuchung des Zerfalls von  $^{192}\text{Ir}$ . Dieses Isotop wurde bereits von verschiedenen Autoren eingehend untersucht [1, 2, 3], besonders bis zu Energien von ca. 800 keV. In diesem Bereich zeigen die mit verschiedenen Methoden gemessenen Gammaenergien und Intensitäten mit Ausnahme einiger schwacher Linien eine gute Übereinstimmung. Für die Gammaübergänge höherer Energie liegen nur wenige Messungen vor, die teilweise stark voneinander abweichen. Neben der relativ schlechten Übereinstimmung der Intensitäten und Energien bestehen auch Diskrepanzen in der Anzahl der beobachteten Gammalinien [2, 3].

Es erschien uns daher wünschenswert, das Gebiet der energiereichen Gammastrahlung mit Ge(Li) Detektoren zu untersuchen. Das gute Energieauflösungsvermögen dieser Detektoren sollte, trotz der kleinen Empfindlichkeit bei höheren Energien, eine Messgenauigkeit erlauben, die der mit der Methode der äusseren Konversion in einem Beta-Spektrometer vergleichbar ist.

Für die Messungen wurden verschiedene in unserem Laboratorium (CRN Strasbourg) hergestellte Detektoren verwendet [4], nämlich 2 Planardioden mit 1,1 und 3,3 cm<sup>2</sup> empfindlicher Fläche und einer Feldzone von 1 bzw. 5 mm, ferner eine ko-axiale Diode mit einem empfindlichen Volumen von 6 cm<sup>3</sup>. Das elektronische System bestand aus einem ladungsempfindlichen Vorverstärker, Schwellenverstärker und einem 400-Kanal-Analysator. Das Energieauflösungsvermögen der Elektronik variierte je nach Type zwischen 1,2 und 3,8 keV. Um eine bessere Bestimmung der Energien zu erzielen, haben wir schliesslich eine Anordnung benützt, bestehend aus einer Planardiode mit einem empfindlichen Volumen von 1 cm<sup>3</sup>, einem Vorverstärker mit gekühltem FET als Eingangstransistor, einem Verstärker und einem 4096-Kanal-



Figur 1

Linienverbreiterung in Funktion der Energie, hervorgerufen durch das endliche Volumen der Diode ( $1 \text{ cm}^3$ ). Die Messungen bei niedriger und hoher Energie sind mit verschiedenen Verstärkungsfaktoren durchgeführt worden.

Analysator. Das Energieauflösungsvermögen der Elektronik allein beträgt  $0,8 \text{ keV}$  und total  $1,6 \text{ keV}$  für eine Gammastrahlung von  $150 \text{ keV}$ . Der Drift des gesamten Systems beträgt etwa 1 Kanal in fünf Tagen. Mit dieser Anordnung lässt sich ein gutes Energieauflösungsvermögen bis zu Energien von ca.  $600 \text{ keV}$  erhalten. Oberhalb dieser Energie tritt eine fortschreitende Verschlechterung ein, hervorgerufen durch

Tabelle 1

Relative  $\gamma$ -Intensitäten der zur Bestimmung der Ansprechwahrscheinlichkeit benutzten Isotope.

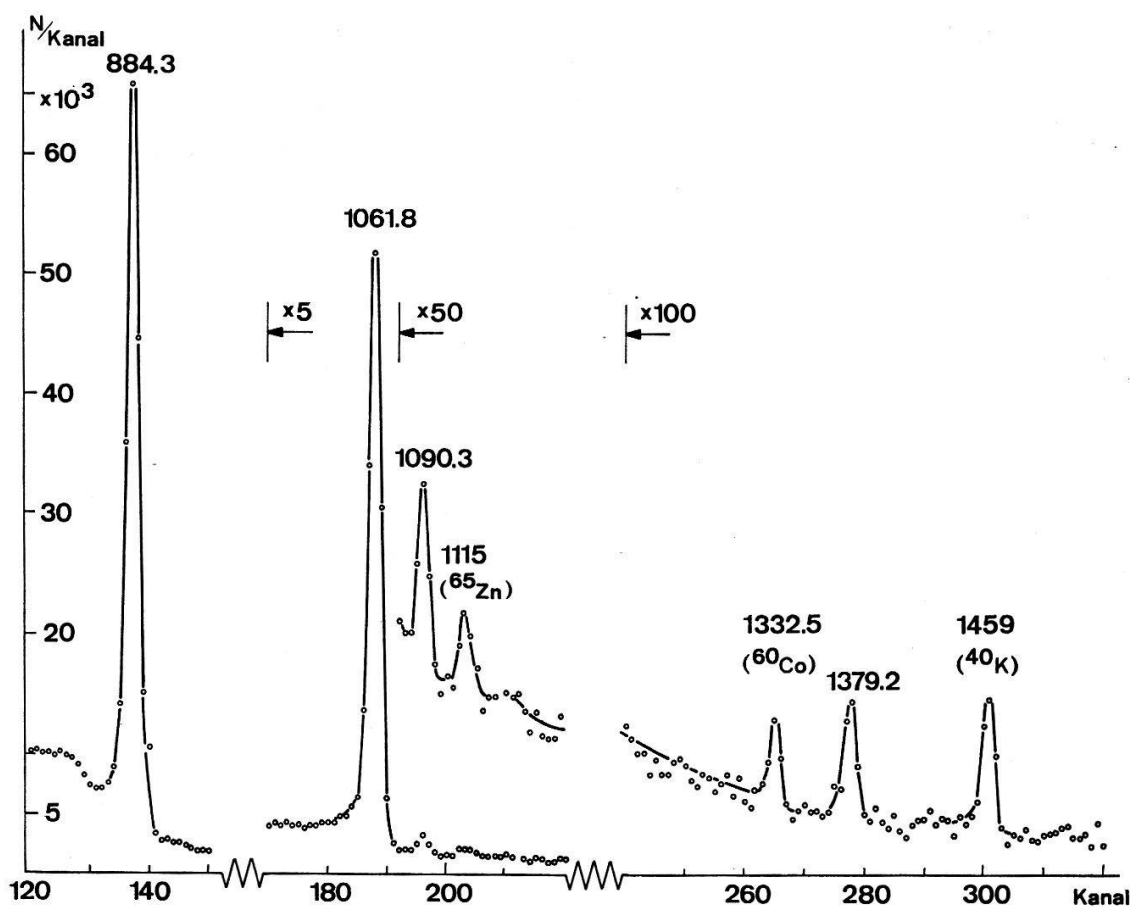
| Isotop            | Energie (keV) | Intensität (Rel.) |
|-------------------|---------------|-------------------|
| Th C''            | 2610          | 100               |
|                   | 860           | 14,7              |
|                   | 590           | 78,5              |
|                   | 510           | 23                |
| $^{207}\text{Bi}$ | 1770          | 9                 |
|                   | 1064          | 77                |
|                   | 570           | 100               |
| $^{131}\text{I}$  | 638           | 6,6               |
|                   | 364           | 100               |
|                   | 284           | 11,3              |
| $^{88}\text{Y}$   | 1836          | 100               |
|                   | 898           | 92                |
| $^{182}\text{Ta}$ | 264           | 47                |
|                   | 179           | 34                |
|                   | 152           | 100               |
|                   | 100           | 85                |

eine Verbreiterung der Niederenergieseite der Photolinie (Figur 1). Dieser Effekt kann nicht durch ein Trapping erklärt werden, aus Gründen, auf die wir im Rahmen dieser Arbeit nicht eingehen können, sondern rührt von der mit grösseren Energien zunehmenden Wahrscheinlichkeit einer nur teilweisen Absorption eines Photoelektrons in dem empfindlichen Volumen des Ge(Li)-Detektors her.

Die Ansprechwahrscheinlichkeit der Dioden wurde mit verschiedenen Isotopen, deren relative Gammaintensitäten bekannt sind, bestimmt (Tabelle 1). Die gemessenen Intensitäten wurden aus den Flächen der Photolinien erhalten.

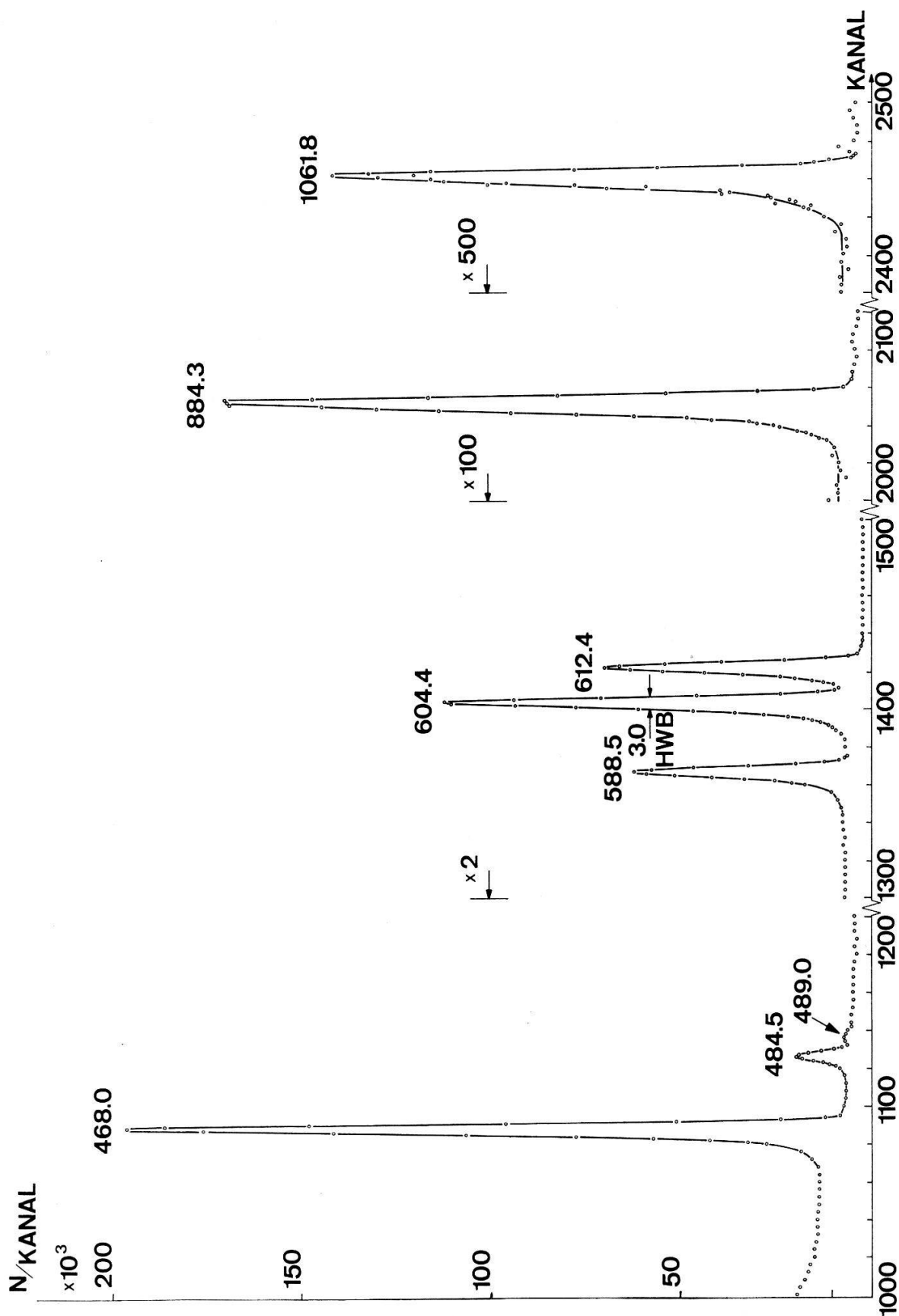
Die Quellen wurden durch Aktivierung von spektroskopisch reinem Iridium erzeugt. Um eine Blockierung des Vielkanals durch die intensiven niederenergetischen Linien und den Comptonuntergrund zu vermeiden, wurden die meisten Messungen mit 1,5–2 cm dicken Pb-Absorbern durchgeführt. Die Messzeiten sind infolge der kleinen Linienintensitäten relativ lang und betrugen im Maximum 120 Stunden pro Spektrum.

In Figur 2 ist eine typische Messung des Gebietes über 800 keV dargestellt, durchgeführt mit einer Planardiode. Neben den Gammalinien des Iridiums treten noch Linien von verschiedenen Verunreinigungen bzw. Untergrundstrahlungen auf. Die Intensitäten dieser Linien bezüglich der bekannten Iridium-Linien variieren bis zu einem Faktor zwei für Messungen, die mit verschiedenen Quellen und zu verschiedenen Zeiten durchgeführt wurden. Neben den beiden Co-Linien treten Linien bei



Figur 2

Unkorrigiertes Spektrum zwischen 800 und 1500 keV, gemessen mit einer 3,3-cm<sup>3</sup>-Planardiode und 2 cm dickem Pb-Absorber. Die Messzeit betrug 100 Stunden.



Figur 3

Unkorrigiertes Spektrum zwischen 400 und 1100 keV gemessen mit einer 1-cm<sup>3</sup>-Planardiode und 2 cm dickem Pb-Absorber. Die Energien sind in keV angegeben. Im Gebiet des Comptonuntergrundes ist zur besseren Übersicht nur jeder vierte Kanal aufgetragen.

$1115 \pm 1$  und  $1459 \pm 2$  keV auf. Die 1115-keV-Linie muss wahrscheinlich einer  $^{65}\text{Zn}$ -Verunreinigung zugeschrieben werden. Die 1459-keV-Linie trat in allen Spektren und im Untergrundspektrum auf und wurde als der 1459,7-keV-Übergang von  $^{40}\text{K}$  identifiziert. Wir glauben daher, dass die in Ref. [3] angegebenen Linien bei 1116 und 1463 keV diesen Isotopen zuzuordnen sind.

Figur 3 zeigt eine Messung des Bereiches von 400–1100 keV, durchgeführt mit der Planardiode von 1 cm<sup>3</sup> und Vorverstärker mit gekühltem FET als Eingangstransistor. Bei dieser Messung wurde gleichfalls ein 2 cm dicker Pb-Absorber verwendet. Das Auflösungsvermögen beträgt für die Linien bei 600 keV 3 keV.

In Kolonne 1 der Tabelle 2 sind die aus mehreren Messungen bestimmten Energien der energetischen Gammalinien eingetragen. Ferner sind auch die Werte für einige prominente niederenergetische Übergänge angegeben, deren Energien bereits sehr genau bekannt sind. Die Energieeichung erfolgte mit bekannten Gammaenergien verschiedener Isotope ( $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{88}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{182}\text{Ta}$ ,  $^{207}\text{Bi}$ ). Eine sorgfältige Energieeichung ist notwendig, da die Verwendung eines Schwellenverstärkers in einer der Anordnungen eine nichtlineare Energieabhängigkeit ergibt. Ein Vergleich mit den in Kolonne 2 angegebenen Werten anderer Autoren zeigt eine gute Übereinstimmung mit unseren Messungen.

Tabelle 2  
Energien und Intensitäten der dem  $^{192}\text{Ir}$ -Zerfall zugeordneten  $\gamma$ -Linien.

| $E_\gamma$ (KeV)<br>(diese Messung) | $E_\gamma$ (KeV)<br>(andere Autoren) | Ref. | $I_\gamma$<br>(diese Messung) | $I_\gamma$<br>(Ref. 2) |
|-------------------------------------|--------------------------------------|------|-------------------------------|------------------------|
| $468,3 \pm 0,3$                     | $468,053 \pm 0,01$                   | [1]  | 620 (Normierung)              | 620 (Normierung)       |
| $484,7 \pm 0,3$                     | $484,50 \pm 0,07$                    | [2]  | 43 $\pm$ 4                    | 41 $\pm$ 2             |
| $489,2 \pm 0,4$                     | $489,05 \pm 0,07$                    | [2]  | 5,8 $\pm$ 0,9                 | 6,6 $\pm$ 1            |
| $588,6 \pm 0,3$                     | $588,557 \pm 0,017$                  | [1]  | 61 $\pm$ 6                    | 55 $\pm$ 5             |
| $604,4 \pm 0,3$                     | $604,385 \pm 0,017$                  | [1]  | 112 $\pm$ 11                  | 111 $\pm$ 7            |
| $612,5 \pm 0,3$                     | $612,435 \pm 0,017$                  | [1]  | 75 $\pm$ 7                    | 72 $\pm$ 5             |
| $884,3 \pm 0,3$                     | $884,46 \pm 0,4$                     | [2]  | 4,2 $\pm$ 0,5                 | 4,3 $\pm$ 0,5          |
| $1061,8 \pm 0,3$                    | $1062,0 \pm 0,4$                     | [2]  | 0,83 $\pm$ 0,09               | 0,82 $\pm$ 0,07        |
| $1090,3 \pm 0,4$                    | $1090,5 \pm 0,4$                     | [2]  | 0,023 $\pm$ 0,004             | 0,024 $\pm$ 0,004      |
| $1379,2 \pm 0,5$                    | $1379,0 \pm 0,5$                     | [2]  | 0,013 $\pm$ 0,003             | 0,012 $\pm$ 0,002      |

Die Intensitäten der dem  $^{192}\text{Ir}$ -Zerfall zugeordneten Linien sind in Kolonne 3 der Tabelle 2 eingetragen. Sie sind auf den Wert 620 für den 468-keV-Übergang normiert. Die Werte sind Mittelwerte aus Messungen mit verschiedenen Quellen und Dioden. Wie bei der Berechnung der Ansprechwahrscheinlichkeiten der Dioden wurden die Intensitäten aus den Flächen der Photolinien erhalten. Die Fehler von 10–20% rühren im wesentlichen von der Bestimmung der Ansprechwahrscheinlichkeit her und der Genauigkeit, mit der die Flächen der Photolinien bestimmt werden können, besonders für die schwachen Linien über einem starken Comptonuntergrund. Die Korrektur für die Pb-Absorber wurde nach den Tabellen von C. M. DAVISSON [5] berechnet. Die relative Genauigkeit dieser Korrektur, die im Energiegebiet von 800–1500 keV um einen Faktor zwei variiert, beträgt 1–2%.

Die Bestimmung der Intensitäten einiger gut bekannter niederenergetischer Linien erlaubte einerseits die relative Intensitätsbestimmung bezüglich dieser Linien und andererseits eine Kontrolle der Messungen. Zur Analyse der Liniengruppe bei 600 keV wurde ein Rechenprogramm der Gruppe von HEATH und HELMER verwendet [6]. Ein Vergleich mit den in Kolonne 4 der Tabelle 2 eingetragenen Messungen der Ref. [2], die mit der Methode der äusseren Konversion erhalten wurden, zeigt eine gute Übereinstimmung der Resultate. Eine gute Übereinstimmung erhält man auch mit neueren in Ref. [1] zusammengestellten Werten, ausser für die Linie von 589 keV. Unsere Intensität ist grösser als der dort angegebene Wert von  $49 \pm 5$  und liegt knapp ausserhalb der angegebenen einfachen Fehlergrenzen.

Neue, dem  $^{192}\text{Ir}$ -Zerfall zuzuschreibende Übergänge wurden in dem Energiegebiet von 800–1500 keV nicht gefunden. Die Energien und Intensitäten stimmen gut mit den früheren Messungen überein [1, 2], so dass keine Änderungen am Niveauschema und der Multipolordnung notwendig sind. Die bei den Messungen mit innerer Konversion [2] bei einer Übergangsenergie von 768 keV und 1055 keV aufgetretenen Linien konnten, wie bei den Messungen mit äusserer Konversion [2], nicht nachgewiesen werden. Als obere Grenze der Intensität des 768-keV-Übergangs kann der Wert  $5 \cdot 10^{-2}$  angegeben werden. Eine E1-Multipolarität, die nach der vorgeschlagenen [2] Einordnung dieser Linie in das Niveauschema von  $^{192}\text{Pt}$  zu erwarten ist, würde eine Gammaintensität von  $3 \cdot 10^{-2}$  verlangen. Der Übergang von 1055 keV kann infolge des ungenügenden Basisauflösungsvermögens der 1062 keV-Linie nicht beobachtet werden. Für eine E2-Multipolarität würde man eine relative Intensität von  $8 \cdot 10^{-3}$  erwarten, als obere Schranke ergibt sich aus den Messungen der Wert  $3 \cdot 10^{-2}$ . Ferner konnten zwei in Ref. [3] angegebene Linien als Verunreinigungen identifiziert werden.

Herrn Prof. Dr. A. COCHE möchten wir für sein förderndes Interesse danken, Herrn G. MAURON sind wir für die Durchführung der Rechenprogramme zu Dank verpflichtet.

Die vorliegende Arbeit wurde vom Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung finanziell unterstützt.

### Literaturverzeichnis

- [1] Nuclear Data Sheets, National Academy of Science – National Research Council, Washington, D.C. (1963); Nuclear Data 1, Nr. 3, Academic Press (1966).
- [2] L. SCHELLENBERG und JEAN KERN, *Helv. phys. Acta* 39, 420 (1966).
- [3] D. L. BUSHNELL and M. A. SHAIKH, *Bull. am. Phys. Soc.* 11, 459 (1966).
- [4] L. STAB, R. HENK, P. SIFFERT et A. COCHE, *Nucl. Instr. Meth.* 35, 113 (1966).
- [5]  $\alpha$ ,  $\beta$ , and  $\gamma$ -Ray Spectroscopy, edited by K. SIEGBAHN, North Holland Publishing Company (1965).
- [6] R. G. HELMER, D. D. METCALF, R. L. HEATH, G. A. CAZIER, Report IDO 17015 (1964); M. PUTNAM, D. H. GIPSON, R. G. HELMER, R. L. HEATH, Report IDO 17016 (1965).