

# Energie- und Polarisationsübertragung zwischen Thallium D-Niveaus durch Stöße mit Edelgasatomen

B. GELBHAAR \*

I. Physikalisches Institut der Universität Gießen

(Z. Naturforsch. 28a, S. 257 — 259 [1973]; eingeg. 23. Nov. 1972)

*Energy and polarisation transfer between Thallium D-levels induced by collisions with inert gas atoms*

The cross sections for energy transfer from the  $6^2D_{3/2}$  to the  $6^2D_{5/2}$  Tl-level induced by collisions with inert gas atoms have been determined. The results in units of  $10^{-16} \text{ cm}^2$  are: Tl-He 35,1; Tl-Ne 3,7; Tl-Ar 2,3; Tl-Kr 7,5; Tl-Xe 10,8. In two modified experiments the transfer of orientation to the  $6^2D_{5/2}$  level could be detected by exciting the  $6^2D_{3/2}$  level with circularly polarized light.

## Einleitung

Energieübertragungen zwischen Feinstruktur-niveaus durch Stöße angeregter Atome mit Edelgasatomen sind in zahlreichen Experimenten<sup>1-3</sup> mit Alkaliatomen nachgewiesen worden. Während bei den Alkali ausschließlich Energieübertragungen zwischen P-Niveaus untersucht werden konnten, bietet sich bei Thallium die Möglichkeit, solche Untersuchungen an D-Niveaus durchzuführen.

Wird in ein Gemisch von Thalliumdampf und Edelgas die Linie 2768 Å (Abb. 1) eingestrahlt, so werden Thalliumatome im  $6^2D_{3/2}$  Zustand angeregt. Gleichzeitig verursachen Stöße zwischen den angeregten Thalliumatomen und Edelgasatomen Übergänge zum  $6^2D_{5/2}$  Niveau, was sich durch zusätzliches Auftreten der Linie 3519 Å im Fluoreszenzlicht nachweisen läßt.

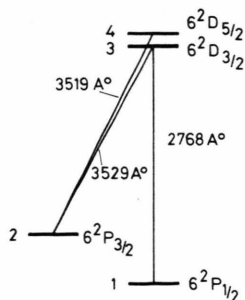


Abb. 1. Vereinfachtes Thallium-Energieniveauschema.

Folgende Bilanzgleichungen gelten:

$$dN_4/dt = -A_{42}N_4 - Z_{43}N_4 + Z_{34}N_3 \quad (1.1)$$

$$dN_3/dt = -(A_{32} + A_{31})N_3 - Z_{34}N_3 + Z_{43}N_4 + S \quad (1.2)$$

$N_3, N_4$  = Atome pro Volumeneinheit in dem jeweiligen Niveau;  $S$  = Zahl der Atome pro Volumen- und Zeiteinheit, die vom Grundzustand 1 zum Zustand 3 übergehen;  $A_{nm}$  = Übergangswahrscheinlichkeiten für die jeweiligen optisch erlaubten Übergänge;  $Z_{34}, Z_{43}$  = Stoßzahlen für Überführungen zwischen den Niveaus 3 und 4.

Bei kontinuierlicher Einstrahlung der Linie 2768 Å ergibt sich für das Intensitätsverhältnis:

$$\frac{I_{3519}}{I_{3529}} = \frac{A_{42}}{A_{32}} \frac{Z_{34}}{A_{42} + Z_{43}} \quad (1.3)$$

Nach dem Prinzip des detaillierten Gleichgewichts<sup>1,3</sup> erhält man zusätzlich eine Beziehung zwischen  $Z_{34}$  und  $Z_{43}$ .

$$Z_{43} = Z_{34} (g_3/g_4) \exp \{ \Delta E/kT \} \quad (1.4)$$

$g_3, g_4$  = statistische Gewichte der Niveaus 3 und 4;  $\Delta E$  = Energieaufspaltung der D-Niveaus ( $82 \text{ cm}^{-1}$ ).

$$\frac{I_{3519}}{I_{3529}} = \frac{A_{42}}{A_{32}} \frac{Z_{34}}{A_{42} + Z_{34} (g_3/g_4) \exp \{ \Delta E/kT \}} \quad (1.5)$$

$$Z = Q N \bar{v}_r \quad (1.6)$$

Aus den gemessenen Intensitätsverhältnissen  $I_{3519}/I_{3529}$  lassen sich mit (1.5) und (1.6) die Wirkungsquerschnitte für Energieübertragung  $D_{3/2} \rightarrow D_{5/2}$  bestimmen. Die Wirkungsquerschnitte für den umgekehrten Prozeß  $D_{5/2} \rightarrow D_{3/2}$  können aus (1.4) und (1.6) berechnet werden.



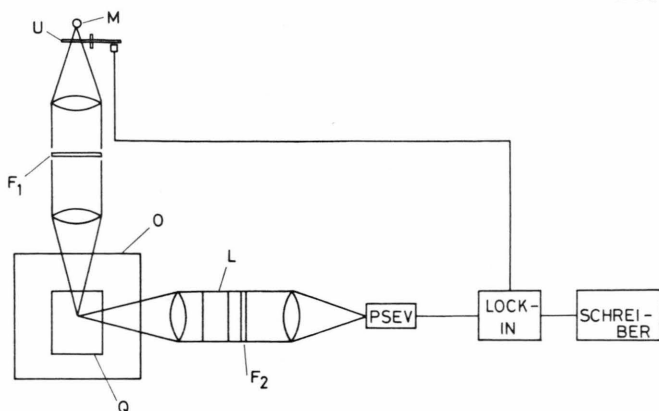
Dieses Werk wurde im Jahr 2013 vom Verlag Zeitschrift für Naturforschung in Zusammenarbeit mit der Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V. digitalisiert und unter folgender Lizenz veröffentlicht: Creative Commons Namensnennung-Keine Bearbeitung 3.0 Deutschland Lizenz.

Zum 01.01.2015 ist eine Anpassung der Lizenzbedingungen (Entfall der Creative Commons Lizenzbedingung „Keine Bearbeitung“) beabsichtigt, um eine Nachnutzung auch im Rahmen zukünftiger wissenschaftlicher Nutzungsformen zu ermöglichen.

This work has been digitalized and published in 2013 by Verlag Zeitschrift für Naturforschung in cooperation with the Max Planck Society for the Advancement of Science under a Creative Commons Attribution-NoDerivs 3.0 Germany License.

On 01.01.2015 it is planned to change the License Conditions (the removal of the Creative Commons License condition "no derivative works"). This is to allow reuse in the area of future scientific usage.

Die Gültigkeit der Beziehung (1.4) wurde von KRAUSE<sup>3</sup> an Alkaliatomen untersucht. Lediglich bei Stößen von angeregten Cs-Atomen mit Edelgasatomen ergaben sich Abweichungen. Da bei Thallium auf Grund der Lage der untersuchten Dublett Niveaus eine Prüfung der Gültigkeit von (1.4) nicht ohne weiteres möglich ist, soll deren Gültigkeit für die weitere Behandlung vorausgesetzt werden.



### Experimenteller Teil

Das Intensitätsverhältnis  $I_{3519}/I_{3529}$  wurde für die Edelgase Ne, Ar, Kr, Xe im Druckbereich 0–20 Torr, für He im Bereich 0–600 Torr gemessen.

Nach Abb. 2 wurde aus dem Licht einer Thallium-Mikrowellenlampe (M) mit dem Filter ( $F_1$ ) die Linie 2768 Å ausgefiltert und in eine Quarzzelle (Q) mit Thalliumdampf eingestrahlt. Die Resonanzzelle befand sich in einem Ofen (O) und wurde auf einer Temperatur von 399 °C gehalten. Um ein Beschlagen der Zellenfenster zu verhindern, konnte ein seitlich an der Zelle angebrachtes Thalliumreservoir auf 379 °C gehalten werden. Über eine Kapillare war die Quarzküvette mit einem Vakuumsystem und den notwendigen Einfüllvorrichtungen für die Edelgase verbunden.

Die Beobachtung des Fluoreszenzlichtes erfolgte senkrecht zur Einstrahlrichtung mit Hilfe eines gekühlten PSEV EMI 6256 SA. Die Linien 3519 Å und 3529 Å konnten durch ein Lyotfilter (L) und ein Interferenzfilter ( $F_2$ ) getrennt beobachtet werden. Zur Verbesserung des Signal-Rauschverhältnisses wurde Lock-in Technik angewendet. Dafür war ein Lichtunterbrecher (U) in Einstrahlrichtung vorgesehen.

### III. Meßergebnisse

Die gemessenen Intensitätsverhältnisse  $I_{3519}/I_{3529}$  sind für fünf Edelgase in Abb. 3 zusammengestellt.

Bei der Auswertung der Wirkungsquerschnitte wurden die Übergangswahrscheinlichkeiten  $A_{42} = 12.4 \cdot 10^7 \text{ sec}^{-1}$  und  $A_{32} = 2.2 \cdot 10^7 \text{ sec}^{-1}$  nach<sup>4</sup> angenommen. Bei der Bestimmung von  $Q_{34}$  ( $D_{3/2} \rightarrow D_{5/2}$ ) wurde die Gültigkeit (1.4) nicht vorausgesetzt, da nur solche Druckbereiche ausgewertet wurden, in denen  $A_{42} \gg Z_{43}$

Abb. 2. Experimenteller Aufbau zur Messung der Intensitäten  $I_{3519}$  und  $I_{3529}$ .

erfüllt ist (1.3). Es konnte jedoch gezeigt werden, daß (1.4) für He gültig ist, da bei hohen He Drucken (500 Torr) ein "complete mixing" der D-Niveaus beobachtet werden konnte. In diesem Druckbereich ergab sich aus den Experimenten ein Grenzwert  $I_{3519}/I_{3529} = 6.83$ , der innerhalb der Fehlergrenzen gleich dem nach (1.5) berechneten Grenzwert von 7.09 ist. Zur Berechnung von  $Q_{43}$  ( $D_{5/2} \rightarrow D_{3/2}$ ) wurde für alle Gase die Gültigkeit von (1.4) vorausgesetzt (Tab. 1).

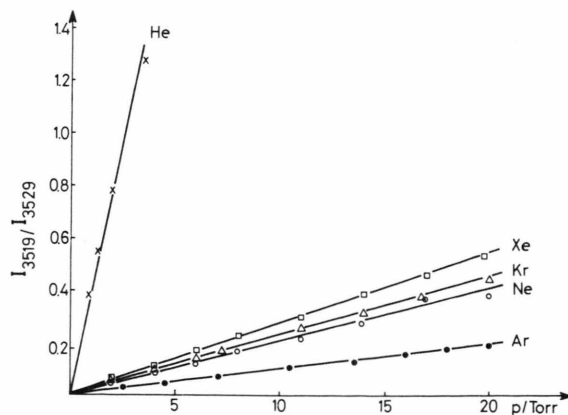


Abb. 3. Intensitätsverhältnis  $I_{3519}/I_{3529}$  in Abhängigkeit vom Edelgasdruck.

Tab. 1. Wirkungsquerschnitte für Energieübertragung zwischen den Thallium Niveaus  $6^2D_{3/2}$  und  $6^2D_{5/2}$  durch Stöße mit Edelgasatomen.  $Q_{34}$  ( $D_{3/2} \rightarrow D_{5/2}$ );  $Q_{43}$  ( $D_{5/2} \rightarrow D_{3/2}$ ).

	$Q_{34}$ (in $10^{-16} \text{ cm}^2$ )	$Q_{43}$ (in $10^{-16} \text{ cm}^2$ )
He	$35,1 \pm 3,1$	$27,86 \pm 2,46$
Ne	$3,7 \pm 0,2$	$2,94 \pm 0,16$
Ar	$2,3 \pm 0,1$	$1,86 \pm 0,08$
Kr	$7,5 \pm 0,4$	$5,99 \pm 0,32$
Xe	$10,8 \pm 0,6$	$8,56 \pm 0,48$

In zwei weiteren Experimenten konnte außer der Energieübertragung eine Übertragung der Orientierung von  $6^2D_{3/2}$  nach  $6^2D_{5/2}$  durch Stöße mit He-Atomen nachgewiesen werden.

In einem Experiment wurde dazu die Linie 2768 Å zirkularpolarisiert eingestrahlt und der Polarisationsgrad der Linien 3519 Å und 3529 Å untersucht. Die Ergebnisse zeigen, daß neben einer Übertragung von Orientierung auch eine Umkehrung im  $6^2D_{5/2}$  Niveau stattfindet<sup>5</sup>. Diese Experimente wurden ohne äußeres Magnetfeld durchgeführt.

In einem zweiten Experiment wurde wiederum die Linie 2768 Å zirkularpolarisiert eingestrahlt, diesmal jedoch senkrecht zu einem variablen Magnetfeld. Durch

Beobachtung der zirkularpolarisierten Anteile der Linien 3519 Å und 3529 Å senkrecht zum Magnetfeld konnte der Hanle Effekt des  $6^2D_{3/2}$  und des  $6^2D_{5/2}$  Niveaus beobachtet werden. Auch hier ließ sich aus den unterschiedlichen Signalformen eine Umkehrung der Orientierung beim Übergang vom  $D_{3/2}$  zum  $D_{5/2}$  Niveau durch Stöße erkennen<sup>6</sup>.

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. W. HANLE für sein förderndes Interesse, dem Institutsdirektor Herrn Prof. Dr. A. SCHARMANN und der Deutschen Forschungsgemeinschaft für die Bereitstellung finanzieller Mittel.

Sonderdruckanforderungen an: Prof. Dr. W. HANLE, I. Physikalisches Institut der Universität Giessen, D-6300 Giessen, Leihgesterner Weg 104 — 108.

\* Teil der am I. Physikalischen Institut der Universität Giessen angefertigten Dissertation (D. 26).

<sup>1</sup> R. SEIWERT, Springer Tracts Mod. Physics 47.

<sup>2</sup> J. PITRE, L. KRAUSE, Can. J. Phys. 45, 2671 [1967].

<sup>3</sup> L. KRAUSE, Appl. Opt. 5, 1375 [1966].

<sup>4</sup> A. GALLAGHER, A. LURIO, Phys. Rev. 136, 87 [1964].

<sup>5</sup> M. ELBEL, W. SCHNEIDER, Z. Physik 241, 244 [1971].

<sup>6</sup> M. ELBEL u. W. SCHNEIDER, Fourth Conference of Atomic Spectroscopy, Amsterdam 1972.