

# Spinpolarisierte Photoelektronen aus Atomen und Molekülen

Von Ulrich Heinzmann, Berlin\*)

*Photoelektronen sind selbst dann spinpolarisiert, wenn die Atome oder Moleküle und die Vakuum-UV-Strahlung unpolarisiert sind; aber auch dann, wenn das absorbierte Licht zirkularpolarisiert ist. Über solche Experimente und den Zusammenhang zwischen Intensität und Spinpolarisation der Photoelektronen und deren Winkelverteilungen wird am Beispiel der Photoionisation von Xenonatomen berichtet.*

## 1. Einleitung

Eine der wichtigsten Bestrebungen im Forschungsfeld der Atom- und Molekülphysik ist es zur Zeit, vom Experiment her genügend Meßdaten zu gewinnen, um den jeweils untersuchten atomaren oder molekularen Prozeß im quantenmechanischen Sinne vollständig beschreiben und verstehen zu können. Dieser Beitrag behandelt in diesem Sinne die Absorption von Strahlung durch Materie am Beispiel der Photoionisation von Xenonatomen.

Absorption von Licht durch Atome führt unterhalb der Ionisationsgrenze zu angeregten Atomen, oberhalb davon zu Photoelektronen und Ionen. Es wird gezeigt, daß die Intensität der Photoelektronen und deren Winkelverteilung auf der einen Seite und die Spinpolarisation der mit unpolarisiertem Licht erzeugten Elektronen sowie die Spinübertragung von zirkularpolarisierter Strahlung auf die Photoelektronen und deren Winkelverteilungen auf der anderen Seite sich als Meßdaten gegenseitig ergänzen: Die daraus gewonnenen Matrixelemente und Phasendifferenzen der Kontinuumswellenfunktionen schließen sich als Funktion der Lichtenergie an der Ionisationsgrenze nahtlos an die entsprechenden im diskreten Spektralbereich aus den Intensitäten und Energien der Spektrallinien gewonnenen experimentellen Größen.

Dieser Artikel soll somit auch darlegen, daß die „Spinpolarisations-Spektroskopie“ physikalisch einen gleichwertigen Stellenwert wie die „Intensitäts-Photoelektronenspektroskopie“ besitzt.

## 2. Die zur vollständigen Beschreibung der Photoionisation benötigten Meßdaten

1974 wurde theoretisch formuliert [1, 2], daß der Photoionisationsprozeß für die meisten Atome (z. B. Alkalis, Edelgase)

\* Dr. U. Heinzmann ist Leiter der Arbeitsgruppe „Atom- und Molekülphysik“ im Fritz-Haber-Institut der Max-Planck-Gesellschaft, Faradayweg 4-6, 1000 Berlin 33. Festvortrag anlässlich der Verleihung des Physikpreises 1981 während der 45. Physikertagung am 25. März 1981 in Hamburg.

durch die Kenntnis von *fünf* Parametern und deren Energieabhängigkeit hinsichtlich Lichtenergie und kinetischer Energie der Photoelektronen vollständig beschrieben wird. Diese *fünf* Parameter können in *fünf* entsprechenden Experimenten bestimmt werden. Die Zahl *fünf* rührt von der Existenz von Auswahlregeln für Absorptionsprozesse mit Dipolstrahlung her: Der Gesamtdrehimpuls  $j$  eines Leuchtelektrons kann sich beim elektronischen Übergang nur um  $\Delta j = 0, +1, -1$  ändern. Daraus folgt, daß für jede feste Energie *drei* verschiedene reelle Matrixelemente (für Übergänge in die drei Kontinua) und *zwei* Phasendifferenzen der Kontinuumswellenfunktionen den Photoionisationsprozeß vollständig beschreiben.

In den ersten drei Experimenten kann unpolarisiertes Licht zur Messung folgender energieabhängiger Parameter verwendet werden:

1. *Totaler Wirkungsquerschnitt* für Photoionisation;
2. *Asymmetrie-Parameter*  $\beta$  der Photoelektronen-Intensitäts-Winkelverteilung  $Q(\theta)$

$$Q(\theta) \propto 1 - \beta/2 \cdot (3/2 \cos^2 \theta - 1/2);$$

3. *Spin-Parameter*  $\xi$ , ein Maß für die Größe der Spinpolarisation  $P(\theta)$  der mit unpolarisiertem Licht aus unpolarisierten Atomen losgelösten Photoelektronen

$$P(\theta) \propto \xi \cdot \sin \theta \cdot \cos \theta / Q(\theta).$$

Wie Bild 1 darlegt, ist  $\theta$  der Winkel zwischen einlaufendem Lichtstrahl und auslaufendem (d. h. analysiertem) Photoelektronenstrahl. Dabei zeigen der Spinpolarisationsvektor, der senkrecht zur Reaktionsebene (Bild 1) steht, wie auch  $Q(\theta)$   $\pi$ -Periodizität bezüglich  $\theta$ ; dies bedeutet, daß es in Bild 1 gleichgültig ist, ob das unpolarisierte Licht von links oder von rechts einfällt. Die Erzeugung spinpolarisierter Photoelektronen bei Verwendung unpolarisierten Lichts wird durch eine quantenmechanische Interferenz mindestens zweier verschiedener erreichter Kontinuumszustände (z. B.  $\Delta j = 0$  und  $\Delta j = +1$ ) hervorgerufen. Dies

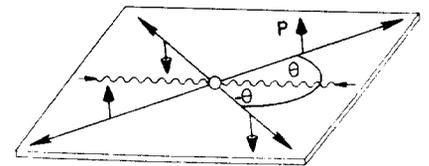


Bild 1. Reaktionsebene, gebildet aus den Richtungen des einlaufenden unpolarisierten Lichtstrahls und des auslaufenden Elektronenstrahls.

hat zur Folge, daß  $\xi$  proportional zu dem Produkt der entsprechenden Matrixelemente und dem Sinuswert der Phasendifferenz der Kontinuumswellenfunktionen ist.

Im vierten und fünften Experimenttyp geht es um die Spinübertragung von Licht auf die Photoelektronen, wobei spinpolarisiertes, d. h. zirkularpolarisiertes Licht verwendet werden muß.

4. In Analogie zum totalen Wirkungsquerschnitt geht es in diesem Experiment um die *totale Spinübertragung*  $A$ , das Verhältnis der Spinpolarisation aller erzeugten Photoelektronen, pauschal und unabhängig von ihrer Emissionsrichtung  $\theta$  mit Hilfe eines elektrischen Ziehfeldes abgezogen, zur Zirkularpolarisation des absorbierten Lichts [3].
5. Analog zum Asymmetrie-Parameter  $\beta$  der Elektronenintensität wird hier nach dem *Asymmetrie-Parameter*  $a$  der *winkelaufgelösten Spinübertragung* gefragt, wenn die entstehenden Photoelektronen nicht wie in 4. mit einem Ziehfeld pauschal abgezogen werden. In einigen Fällen genügt es, zur vollständigen Beschreibung der Photoionisation anstatt *fünf* nur *drei* Experimente durchzuführen, da es auch nur *drei* quantenmechanische Bestimmungsgrößen gibt: Falls der Drehimpuls  $j$  des gebundenen Elektrons kleiner ist als 1, kommt die Auswahlregel  $\Delta j = -1$  nicht zum Tragen, so daß nur *zwei* reelle Matrixelemente und *eine* Phasendifferenz den Photoionisationsprozeß bestimmen. Dies ist z. B. für das Xenonatom hinsichtlich der Photoionisation aus der  $p_{1/2}$ -Unterschale der Fall; die Photoelektronen können sich in diesem Fall demnach nur in den energetisch entarteten Kontinuumszuständen  $d_{3/2}$  und  $s_{1/2}$  befinden.

Dieser Artikel gibt Beispiele von Messungen für  $\xi$  und  $A$  für die Photoionisation von Xenon und zeigt Ergebnisse der somit experimentell bestimmbareren Matrixelemente  $D_d$  und  $D_s$  sowie der Phasendifferenz  $\Delta_d - \Delta_s$  [4].

**3. Experiment zur Winkel-, Elektronenenergie-, Lichtenergie- und Elektronenspin-aufgelösten Photoelektronenemission**

Die Schwierigkeit eines solchen Experiments, für das die verwendete Apparatur in Bild 2 schematisch dargestellt ist, liegt bei gleichzeitiger Winkel-, Energie- und Spinanalyse der am Atomstrahl erzeugten, im Elektronenspektrometer energetisch diskriminierten und im Mottdetektor [5] auf die Polarisation hin untersuchten Photoelektronen in der geringen Intensität der im Mottdetektor an der dünnen Goldfolie zurückgestreuten und nachzuweisenden Elektronen. Deswegen war es unerlässlich für dieses Experiment, neue Kapillarentladungslampen für sehr intensives VUV-Edelgas-Resonanzlicht (bis zu

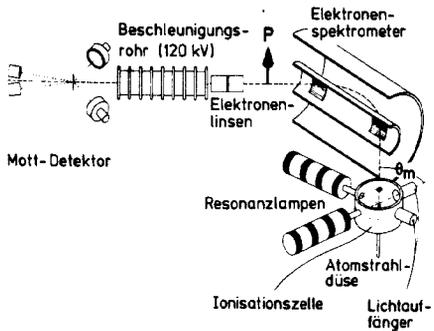


Bild 2. Schematische Darstellung der Apparatur zur Messung des Spinparameters  $\xi$ , der ein Maß für die Größe der Spinpolarisation der mit unpolarisiertem Licht aus einem unpolarisierten Target losgelösten Photoelektronen ist.

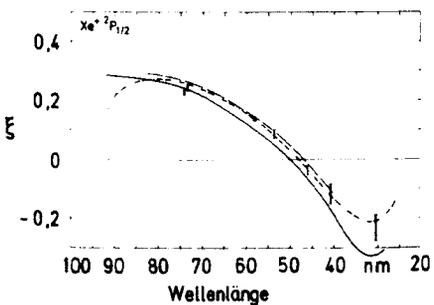


Bild 3. Theoretische und experimentelle Ergebnisse des Spinparameters  $\xi$  für die Photoelektronen, die Xenonion im ersten angeregten Zustand  $^2P_{1/2}$  zurücklassen: Durchgezogene Kurve (RPAE) nach [1], gestrichelte Kurve (RRPA) nach [6], Strichpunktlinie [4] (MQDT unter Verwendung von experimentellen Daten [7]) und Meßpunkte (Fehlerbalken).

10<sup>13</sup> Photonen/s) zu entwickeln und einzusetzen.

Bild 3 zeigt für die Photoionisation der äußersten  $p_{1/2}$ -Unterschale von Xenon die Meßergebnisse von  $\xi$  als Funktion der Lichtwellenlänge für 7 verschiedene Resonanzlinien. Die ebenfalls in Bild 3 eingezeichneten theoretischen Kurven, mit Random-Phase-Approximation bzw. Vielkanalquantendefekttheorie erzielt, zeigen hervorragende quantitative Übereinstimmung mit den Meßdaten.

Bild 3 beweist, daß es möglich ist, mit unpolarisiertem Licht aus unpolarisierten Xenonatomen spinpolarisierte Photoelektronen auszulösen;  $\xi$  und damit die Spinpolarisation  $P(\theta)$  ist wellenlängenabhängig und zeigt bei ca. 50 nm einen Vorzeichenwechsel.  $\xi$  und dessen Energieabhängigkeit konnte durch Messung von  $P(\theta)$  an zwei Winkeln  $\theta = \pm \theta_m = \pm 54^\circ$  (siehe Bild 2) bestimmt werden, da  $P(\theta)$  und  $Q(\theta)$  — wie in Abschnitt 2 dargestellt ist — einfache trigonometrische Funktionen von  $\theta$  sind. Die Ergebnisse der experimentellen Bestätigung dieser einfachen Funktionen für die Photoionisation der äußersten  $p_{3/2}$ -Unterschale von Xenon mit VUV-Strahlung einer Wellenlänge sind in Bild 4 dargestellt [8].

Ähnliche Ergebnisse wie im Falle des Xenons wurden auch für die Photoionisation anderer Atome und Moleküle erzielt [9].

**4. Zirkularpolarisierte Vakuum-UV-Strahlung**

Um Experimente der Spinübertragung von Licht auf Photoelektronen durchführen zu können, benötigt man zirkularpolarisierte Strahlung. Die Schwierigkeit liegt aber darin, daß die meisten Atome und nahezu alle Moleküle ihre Ionisationsgrenzen im fernen UV-Spektralgebiet haben, für das es keine transparenten Materialien, also auch keine konventionellen Zirkularpolarisatoren gibt (Vakuum-UV).

Solche Experimente können jedoch mit Synchrotronstrahlung durchgeführt werden. Sie ist linearpolarisiert für Licht, das tangential zum Synchrotron-Elektronenstrahl in der Synchrotron-Bahnebene emittiert wird. Strahlung, die dagegen schräg nach oben oder schräg nach unten zur Synchrotron-Bahnebene emittiert wird, sollte nach der Schwingertheorie für Synchrotronstrahlung elliptisch polarisiert sein mit einem hohen zirkularen Anteil.

Am 2,5 GeV-Synchrotron der Universität Bonn wurde eine Apparatur für solche Untersuchungen aufgebaut. Bild 5 zeigt eine schematische Darstellung davon: Ein 10 m-Monochromator, bestehend aus einem Hohlspiegel, der den Elektronen-

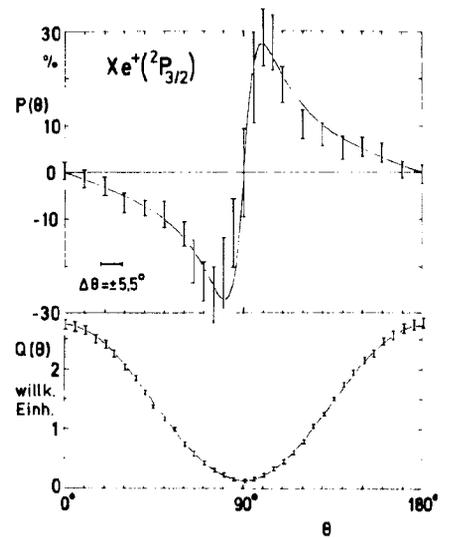


Bild 4. Winkelabhängigkeit der Spinpolarisation  $P(\theta)$  (oberes Teilbild) und der Elektronenintensität  $Q(\theta)$  (unteres Teilbild) nach [8] für Photoionisation von Xenon mit He I-Strahlung (21,22 eV), wobei das Xenonion sich im  $^2P_{3/2}$ -Grundzustand befindet.

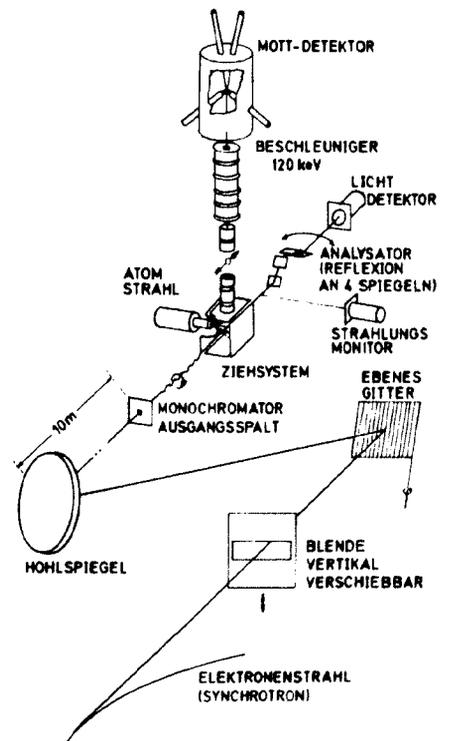


Bild 5. Schematische Darstellung der Apparatur zur Messung der Spinübertragung von VUV-Synchrotronstrahlung auf die Photoelektronen.

strahl im Synchrotron („virtueller Eintrittsspalt“) auf den Austrittsspalt über ein ebenes Gitter (5000 Striche pro mm) abbildet, und aus einer Aperturblende, die nach oben und unten verschiebbar ist, um Licht verschiedener Zirkularpolarisation durchzulassen, liefert elliptisch polarisiertes Licht einer Bandbreite von 0,05 nm und einer Intensität von mehr als  $10^9$  Photonen pro Sekunde im Wellenlängenbereich zwischen 40 und 180 nm. Das Licht wird nach Durchsetzen des Atomstrahls, wo die Photoelektronen entstehen, die nach Abzug durch ein elektrisches Ziehfeld in einem Mottdetektor auf ihre Spinpolarisation hin analysiert werden, mit Hilfe eines drehbaren Analysators durch Reflexion an vier Goldspiegeln unter Brewsterwinkel auf die optische Polarisation hin untersucht.

Mit Hilfe eines  $MgF_2$ -Viertelwellenplättchens (Nennwellenlänge 150 nm; für UV-Licht dieser Wellenlänge gibt es gerade noch transparente und doppelbrechende Materialien) wurde experimentell nachgewiesen, daß die Synchrotronstrahlung vollständig polarisiert, d. h. vollständig elliptisch polarisiert ist. Der Anteil eines unpolarisierten Untergrundes war kleiner als 1 % im Experiment.

Bild 6 zeigt die Meßergebnisse des Zirkularpolarisationsgrades für Strahlung, die vom Bonner Synchrotron (bei 0,8 GeV betrieben) in den Halbraum oberhalb der Synchrotron-Bahnebene emittiert wird. Dabei ist das Licht, das im Vertikalwinkelbereich oberhalb 0 mrd (also voller oberer Halbraum) empfangen wird, zu ca. 75 % linkshändig zirkularpolarisiert (untere Fehlerbalken in Bild 6), während Strahlung oberhalb des Vertikalwinkels von 1 mrd durchschnittlich zu ca. 84 % linkshändig zirkularpolarisiert ist (obere Fehlerbalken in Bild 6). In gleichem Maße ist die Synchrotronstrahlung

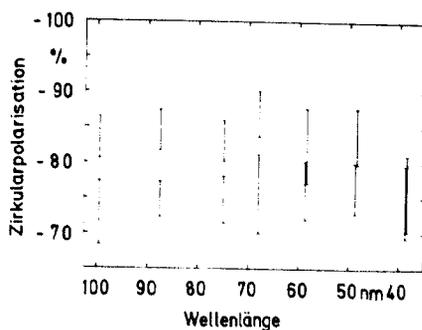


Bild 6. Gemessener Grad der Zirkularpolarisation der Bonner Synchrotronstrahlung, die in einem Vertikalwinkelbereich von 1 bis 3,5 mrd (obere Fehlerbalken) bzw. 0 bis 3,5 mrd (untere Fehlerbalken) in bezug auf die Bahnebene des Synchrotrons emittiert wird.

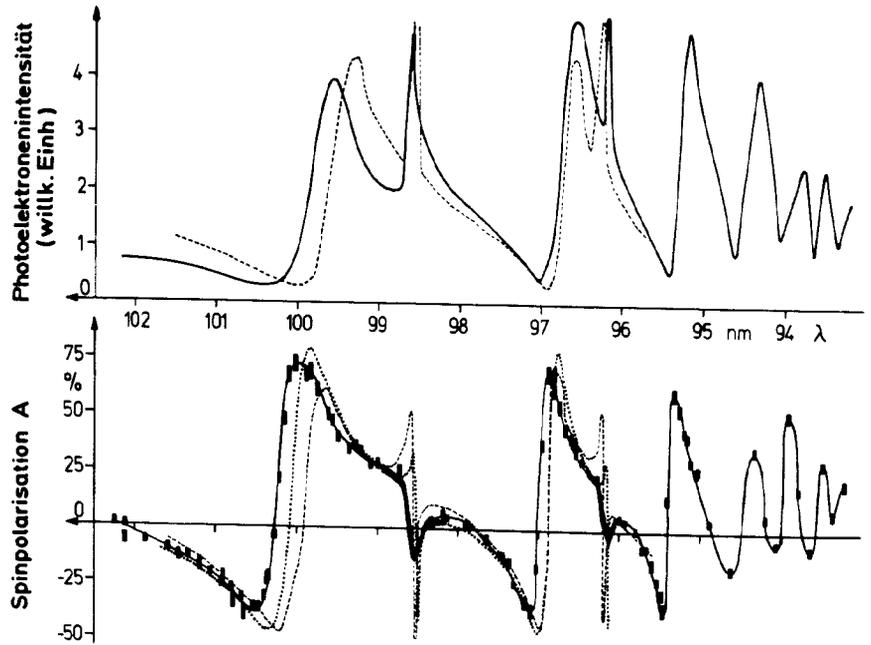


Bild 7. Photoionisation von Xenon im Autoionisationsbereich. — Oberes Teilbild: Photoelektronenintensität; unteres Teilbild: Spinpolarisation A (totale Spinübertragung). — Durchgezogene Kurven: Experimentelle Resultate, im unteren Teilbild als Verbindungslinie der Meßpunkte. — Gestrichelte Kurven: Theoretische Vorhersagen von [2]. — Gepunktete Kurve: Berechnet [4] mit MQDT unter Verwendung von experimentellen Daten aus [7].

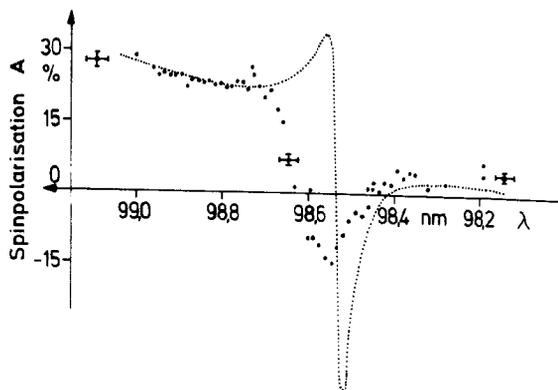


Bild 8. Wie Bild 7 unteres Bild, erste schmale Resonanz; typische Fehlerbalken nur für 3 Punkte eingezeichnet.

unterhalb der Bahnebene rechtshändig zirkularpolarisiert.

Zirkularpolarisation und Intensität der VUV-Strahlung reichten aus, um Spinübertragungsexperimente bei der Photoionisation mehrerer Atome und Moleküle durchführen zu können [4, 9].

### 5. Experiment zur Spinübertragung von Synchrotronstrahlung auf Photoelektronen

Mit Hilfe der in Abschnitt 4 skizzierten und in Bild 5 schematisch dargestellten Apparatur wurde die Spinübertragung A (identisch mit Spinpolarisation aller Photoelektronen im Falle einer Photoionisation mit vollständig zirkularpolarisiertem Licht, siehe Abschnitt 2) gemessen.

Bild 7 zeigt im unteren Teilbild die Meßergebnisse von A für den Photoeffekt an Xenon in einem Spektralgebiet, wo sich diskreter und kontinuierlicher Spektralbereich überlappen. Dies macht sich in einer Resonanzstruktur der Photoelektronenintensität (Bild 7, oberes Teilbild) bemerkbar (Autoionisationsresonanzen). Im unteren Teilbild von Bild 7 sind die Meßpunkte (Fehlerbalkenrechtecke) mit einer durchgezogenen Kurve verbunden, um zu verdeutlichen, daß auch die totale Spinübertragung (alle entstehenden Elektronen werden unabhängig von ihrer Emissionsrichtung mit Ziehfeld pauschal abgezogen!) ausgeprägte resonanzartige Struktur aufweist (Sprung z. B. von -30 % auf 70 % innerhalb Wellenlängenbereich von 0,1 nm). Für Wellenlängen zwischen 98 und 99 nm ist dies

in Bild 8 für die erste schmale Resonanz mit einer gespreizteren Wellenlängenskala nochmals dargestellt.

Die gepunkteten Kurven in Bild 7 und 8 sind die Ergebnisse einer Berechnung [4] im Rahmen der Vielkanalquantendefekttheorie [10] unter Verwendung von experimentellen Daten [7] aus dem diskreten Spektralbereich von Xenon, die auch zu der entsprechenden Kurve von  $\xi$  (Punktstrichkurve in Bild 3) geführt hat. Die Übereinstimmung der Ergebnisse dieser Berechnung sowie der theoretischen Vorhersagen ([2], gestrichelt in Bild 7) mit den Meßergebnissen ist gut, wenn man von den leichten, unterschiedlich großen, z. Z. nicht erklärbaren Verschiebungen der Resonanzflanken einmal absieht.

## 6. Bestimmung der Matrixelemente und Phasendifferenzen der Kontinuumswellenfunktionen aus den Meßdaten

Wie in den vorangegangenen Abschnitten bei den Kurven von  $\xi$  und  $A$ , die im Rahmen der Vielkanalquantendefekttheorie unter Zuhilfenahme von Daten aus dem diskreten Spektralbereich im Energiebereich der Photoionisation errechnet wurden, schon angedeutet wurde, besteht ein enger Zusammenhang zwischen den Eigenschaften der Spektrallinien im diskreten Spektralbereich und den Ergebnissen der Photoelektronenspektroskopie. Dies läßt sich am eindeutigsten an den quantenmechanischen Größen, nämlich den Matrixelementen und den Phasendifferenzen der Kontinuumswellenfunktionen, zeigen.

So war es für die Photoionisation von Xenonatomen möglich, aus der Kombination von Meßergebnissen der im Abschnitt 2 aufgelisteten Parameter (teilweise in den Abschnitten 3 und 5 exemplarisch vorgestellt) die Matrixelemente und Phasendifferenzen und deren Energieabhängigkeit vom Experiment her anzugeben.

Für das Beispiel der Photoionisation der äußersten  $p_{1/2}$ -Unterschale von Xenon sind die entsprechenden Meßergebnisse in Bild 9 als Fehlerbalken rechts von den Ionisationsgrenzen (vertikal gestrichelt) dargestellt. Verbindet man diese Meßergebnisse mit (durchgezogenen) Kurven und extrapoliert diese über den Autoionisationsbereich (zwischen den beiden Ionisationsgrenzen) hinaus in den diskreten Spektralbereich unterhalb 12 eV Lichtenergie, so zeigt dieser Vergleich der absoluten Daten mit den entsprechenden Ergebnissen anderer Autoren (siehe [4]) im diskreten Spektralbereich hervorragende Übereinstimmung. Dies kann als

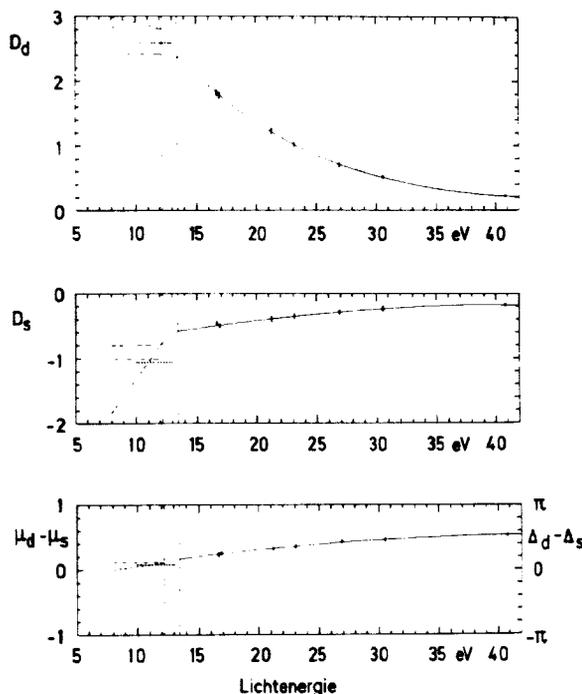


Bild 9. Rechts von den Ionisationsgrenzen (vertikal gestrichelt): Matrixelemente (oberes und mittleres Teilbild) und Phasendifferenz der Kontinuumswellenfunktionen (unteres Teilbild) für Photoionisation der äußersten  $p_{1/2}$ -Unterschale von Xenon. — Links davon: Matrixelemente und Differenz der Eigenquantendefekte für Photoabsorption im diskreten Spektralbereich [2, 4, 7].

experimentelle Bestätigung der Vielkanalquantendefekttheorie [10] aufgefaßt werden. Matrixelemente werden mit Matrixelementen verglichen, im diskreten Spektralbereich aus den Intensitäten der Spektrallinien ermittelt. Phasen im Photoionisationsbereich, bereinigt um die analytisch bekannten Coulombstreuphasen, in Einheiten von  $\pi$  haben im diskreten Spektralbereich die Bedeutung von Eigenquantendefekten  $\mu$ , ermittelt aus den Energieeigenwerten der Spektrallinien.

Eine ähnliche Analyse der Photoionisationsdaten mit denselben in Bild 9 dargestellten Matrixelementen und Phasendifferenzen wurde auch im Autoionisationsbereich zwischen 12 und 13 eV durchgeführt [4]. Der Zusammenhang zwischen den glatten Kurvenverläufen von  $D_d$ ,  $D_s$ ,  $\Delta_d - \Delta_s$ , dargestellt in Bild 9, und den Meßgrößen, die, wie Bild 7 zeigt, resonanzartiges Verhalten aufweisen, lieferte neue quantitative Hinweise auf einen ausgeprägten Einfluß von Vielelektronenkorrelationen bei Xenon, auf die hier aber nicht eingegangen werden soll.

## 7. Zusammenfassung, Ausblick und Dank

Dieser Artikel sollte am Beispiel der Photoionisation von Xenon zeigen, daß Spinpolarisationsuntersuchungen von Photoelektronen für das vollständige Verständnis des Photoionisationsprozesses genau so wichtig sind wie Intensitätsuntersuchungen im Bereich der Photoelek-

tronenspektroskopie. Aus der Kombination aller dieser Daten ist es möglich, wie am Beispiel des Xenons gezeigt wurde, die den Photoionisationsprozeß bestimmenden Matrixelemente und Phasendifferenzen der Kontinuumswellenfunktionen und deren Energieabhängigkeit über einen großen Energiebereich von 30 eV vom Experiment her zu bestimmen.

Darüber hinaus können auch die Ergebnisse aus dem diskreten Spektralbereich und dem Autoionisationsbereich quantitativ miteingegliedert werden, was besagt, daß eine Ionisationsgrenze eigentlich nur für die oberhalb oder unterhalb davon tätigen Experimentalphysiker hinsichtlich der einzelnen Meßmethoden eine Grenze ist, nicht jedoch für die Physik der Strahlungsabsorption durch Materie.

Auch auf Grund der Ergebnisse weiterer Experimente der Spinpolarisation von Photoelektronen [9] sollte man sich langsam daran gewöhnen, daß Photoelektronen aus Atomen und Molekülen im Regelfall spinpolarisiert sind, ganz gleichgültig, ob man polarisiertes oder unpolarisiertes Licht, polarisierte Atome oder unpolarisierte Targets verwendet. Das Auftreten unpolarisierter Photoelektronen scheint demnach eine sehr seltene Ausnahmeerscheinung zu sein.

Ein Teil der hier beschriebenen Experimente wurde am Physikalischen Institut der Universität Bonn, ein anderer am Physikalischen Institut der Universität Münster durchgeführt. Der Autor dankt diesen beiden Institutionen unter den Lei-

tungen der Herren Professoren *W. Paul*, *G. Nöldeke* und *J. Keßler* für die Unterstützung und das aufgebrachte Wohlwollen. Mein Dank gilt auch Herrn Professor *J. Geiger*, Kaiserslautern, für zahlreiche Diskussionen über die Quantendefekttheorie. Besonderer Dank gebührt meinen Berliner und Bonner Mitarbeitern und Kollegen, *Ch. Heckenkamp*, *J. Hormes*, *D. Husmann*, *B. Osterheld*, *F. Schäfers*, *G. Schönhense* und *K. Thimm* für die tatkräftige Unterstützung beim Aufbau der Apparaturen sowie bei der Durchführung der Experimente. DFG und BMFT unterstützten die Projekte finanziell.

#### Literatur

- [ 1 ] *Cherepkov, N. A.*, Sov. Phys. JETP **38**, 463 (1974) und J. Phys. B **12**, 1279 (1979)
- [ 2 ] *Lee, C. M.*, Phys. Rev. A **10**, 1598 (1974)
- [ 3 ] *Fano, U.*, Phys. Rev. **178**, 131 (1969), erste Arbeit zum „Fano-Effekt“
- [ 4 ] *Heinzmann, U.*, J. Phys. B **13**, 4353 und 4367 (1980)
- [ 5 ] *Kessler, J.*, Polarized Electrons, Springer, Berlin, 1976
- [ 6 ] *Huang, K. N.*, *W. R. Johnson* und *K. T. Cheng*, Phys. Rev. Lett. **43**,

- 1658 (1979)
- [ 7 ] *Geiger, J.*, Z. Phys. A **282**, 129 (1977) und priv. Mitteilung, 1979
- [ 8 ] *Schönhense, G.*, Phys. Rev. Lett. **44**, 640 (1980)
- [ 9 ] *Heinzmann, U.*, Appl. Opt. **19**, 4087 (1980) und *Heinzmann, U.*, *B. Osterheld*, *F. Schäfers* und *G. Schönhense*, J. Phys. B **14**, L79 (1981) und *Schäfers, F.*, Dissertation Universität Münster 1981 und *Schönhense, G.*, Dissertation Universität Münster 1981
- [10] *Fano, U.*, Phys. Rev. A **2**, 353 (1970) und JOSA **65**, 979 (1975)

## Erste Promotion eines Chinesen an der Universität Bonn

*Jun-xiu Lin*, Physiker aus der Volksrepublik China, wurde mit sehr gutem Ergebnis zum Doktor der Naturwissenschaften promoviert. Er ist der erste, der seit Aufnahme der Austauschbeziehungen mit der Volksrepublik China an der Universität Bonn diesen Erfolg erzielen konnte, und insgesamt der zweite, dem dies in der Bundesrepublik gelungen ist. Außergewöhnlich an dieser Angelegenheit ist die Tatsache, daß Herr Lin wie auch sein Dokortkollege, ein Münchner Physiker, dieses anspruchsvolle Ziel in knapp zwei Jahren erreicht haben. Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD),

durch dessen Vermittlung Herr Lin nach Deutschland gekommen ist, erwartet, daß im Laufe dieses Jahres weitere 10 bis 15 chinesische Nachwuchswissenschaftler in der gleichen Rekordzeit promovieren werden.

Herr Lin, der auch Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft ist, gehört wie manche dieser ersten Generation der nach der Kulturrevolution ins Ausland gesandten Jungwissenschaftler jenen Jahrgängen an, die nach dem Krieg einige Studienjahre in der DDR verbringen konnten. Er hat im Jahre 1963 an der Technischen Hochschule Ilmenau den Di-

plom-Ingenieur gemacht. Natürlich hat er dadurch einen großen Vorsprung vor denen, die zum ersten Mal einen Auslandsaufenthalt erfahren.

Nach seiner Rückkehr an die Universität Dalian wird Herr Lin, der ebenso leicht über die deutsche romantische Literatur wie über sein Fachgebiet, die Kohlenmonoxidlasersforschung, plaudert, den deutschen Fachkollegen ein wichtiger Ansprechpartner bleiben. Die chinesische Regierung ihrerseits wird solche Erfolge als Bestätigung dafür sehen, das Risiko der Entsendung eines Großteils der fähigeren jüngeren Wissenschaftler ins westliche Ausland eingegangen zu sein. Zur Zeit halten sich mehr als 5000 chinesische Nachwuchswissenschaftler im Ausland auf.

DAAD 3/81

## Auslandsstipendienführer des DAAD 1982/83

Der neue Auslandsstipendienführer des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD) für das Studienjahr 1982/83 ist erschienen. Er informiert ausführlich über die Möglichkeit für deutsche Studierende und Hochschulabsolventen, Studienaufenthalte im Ausland zu finanzieren, sei es für ein ganzes Jahr oder auch für kürzere Zeiten. Er enthält das allgemeine Stipendienangebot des DAAD zu wissenschaftlicher Fortbildung und zur Forschung an ausländischen Hochschulen für alle Fachrichtungen und in alle Länder

der Welt, aber auch besondere Programme. So finden Interessenten an Sprach- und Fachkursen, Studierende der Anglistik und Romanistik, Historiker, Juristen, Kunststudenten oder Natur- und Ingenieurwissenschaftler einschlägige Informationen zu besonderen Förderungsprogrammen des DAAD.

Der Auslandsstipendienführer informiert nicht nur über die Angebote des DAAD, sondern auch über zahlreiche andere stipendiengibende Organisationen im In- und Ausland mit ihren Förderungs-

möglichkeiten. Studierende, die sich nach den gesetzlichen Förderungsmaßnahmen für einen Auslandsaufenthalt interessieren, finden im Kapitel „BAföG“ die notwendigen Informationen entsprechend dem neuesten Stand des Gesetzes.

Die Broschüre „Auslandsstipendien für Deutsche 1982/83“ ist bei den Akademischen Auslandsämtern der Universitäten, bei den Fachhochschulen sowie beim DAAD, Referat 213, Kennedyallee 50, 5300 Bonn 2, erhältlich. Ihr sind auch die Bewerbungsfristen zu entnehmen (frühester Ausschlußtermin: 31. 8. 1981).

DAAD 4/81