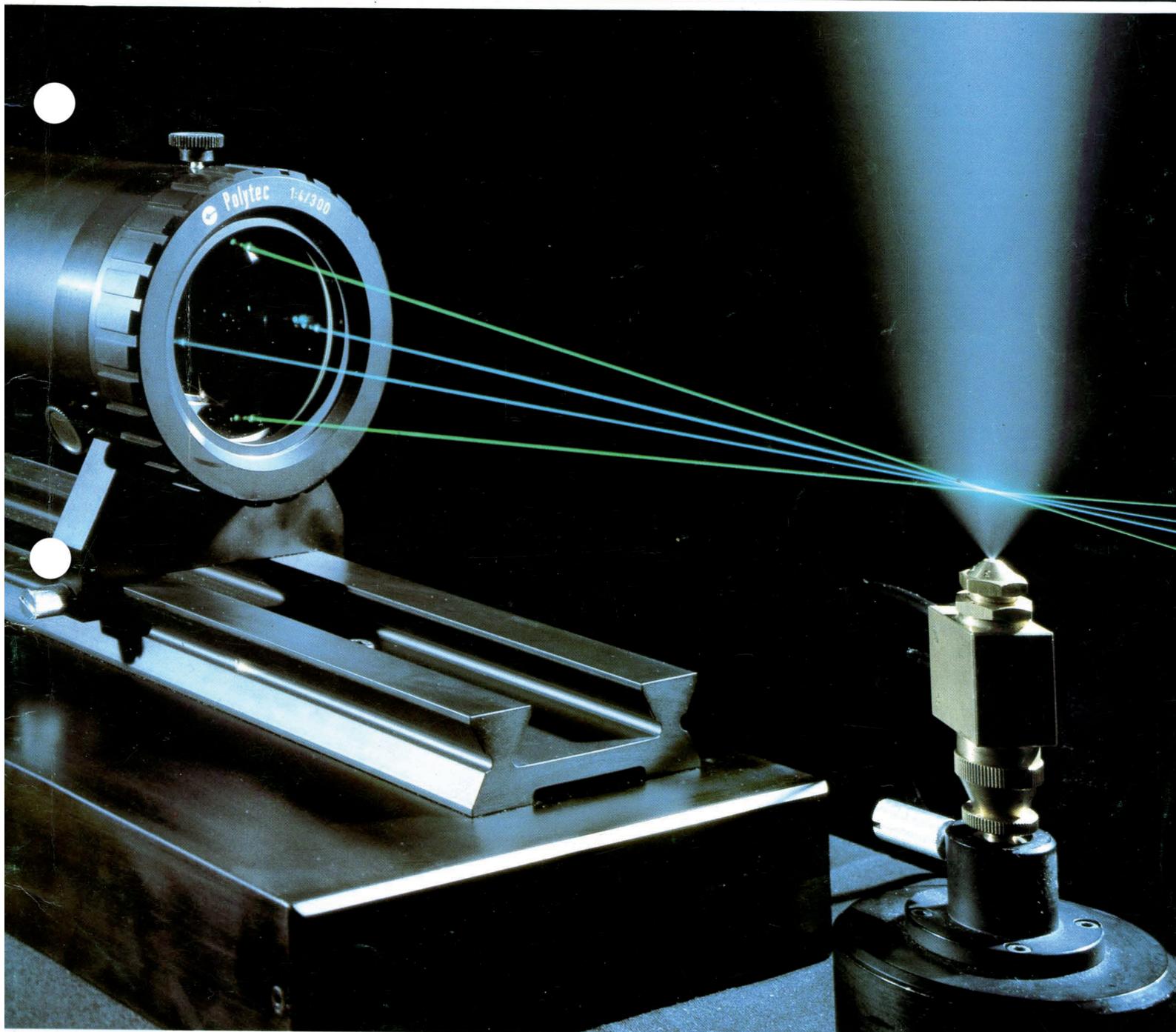


E 2688 FX

laser + elektro- optik 2

DM 12,50
Stuttgart
Juni 1979
11. Jahrgang



Erste deutschsprachige
Fachzeitschrift für Laser, Elektro-Optik
und Strahlentechnik

Industrielle Anwendungen · Materialbearbeitung
Chemie · Nachrichten- und
Messtechnik · Medizin · Umweltforschung

Versuch's und beweis es: Nr. 2 Try and Prove it: No. 2

Eine Reihe von Lehrversuchen werden dieses Jahr von Robert Schwankner* gebracht. Kleine Aufgaben mit kohärenten Wellen, die einesteils Spass machen, andererseits in die kohärente Optik einführen.

This is the beginning of a series of several different laser experiments, presented by R. Schwankner. These tested demonstrations are meant for university and highschool practical courses.

The second experiment of this series deals with one of the fundamental laws of quantum mechanics.

Heisenberg's uncertainty principle which was published in 1926 [1] restricts the information one can get about microparticles.

In a 'model-model-experiment' by the coincidence of the phenomena refraction, dispersion and reflexion a He-Ne-Laser beam—normally producing a shining red point on the wall—passing a certain sort of glass, now is drawing esthetical pictures. This effect—normally used during the staging of Mozart's Magic Flute at the Munich National Theatre— also provides a model for 'smeared charge' like an orbital of an elektron...

Von der Zauberflöte zur Quantenmechanik

Die von Werner Heisenberg zusammen mit Niels Bohr 1926 in der Kopenhagener Deutung der Quantenmechanik aufgestellte Unbestimmtheitsrelation verbietet die gleichzeitige Orts- und Geschwindigkeitsbestimmung von Mikropartikeln [1].

Damit werden die klassischen Begriffe der frühen Quantenmechanik – etwa die Elektronenbahn im Bohr-Sommerfeld-Modell des Atoms – überflüssig. Statt dessen wird nach einem Vorschlag von Max Born das Produkt aus dem Amplitudenquadrat der dem Elektron (nach der de Broglie-Beziehung) zugeordneten Materiewelle – und dem Volumenelement als Aufenthaltswahrscheinlichkeit des Elektrons gedeutet.

Damit taucht der Begriff der «verschmierten Ladung», das sogenannte Orbital auf. Die den Atomkern umgebende Ladungswolke weist

*Robert Schwankner, Wissenschaftliches Studienteam, Scheibenstr. 18, 8220 Traunstein.

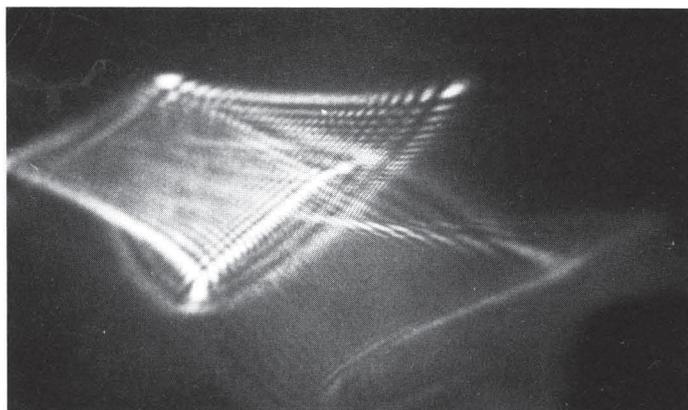


Bild 1 «Modellladungswolke».

eine Feinstruktur auf, die durch Orbitale – also Räume mit definierter Gestalt und Aufenthaltswahrscheinlichkeit für Elektronen – gegeben ist. Schickt man kohärentes Licht durch eine geriffelte Glasplatte, so können ästhetisch ansprechende Bilder (Bild 1) aufgenommen werden.

Dieser Effekt wird als sogenannter Bühnenlaser bei der Aufführung von Mozarts «Zauberflöte» im Münchner Nationaltheater angewendet; ausserdem lässt sich damit ein grobes Bild des Begriffs «verschmierte», nicht lokalisierbare Ladung zeichnen [2].

Der Primärstrahl wird durch die Summe der Phänomene Streuung, Reflexion, Brechung und Beugung unterschiedlich abgelenkt und aufgefächert. Befestigt man eine sogenannte «Riffelglasscheibe» (Bild 2) an einem langsamen Synchronmotor, so erhält man eine Anordnung, die er zulässt, das Bild, das beim Durchtritt des Laserstrahls entsteht, beliebig festzuhalten [3].

Das zur Befestigung der Glasscheibe erforderliche Loch im Diagonalschnittpunkt kann man durch Ätzung leicht selbst herstellen. Der Punkt wird gekennzeichnet und seine Umgebung mit Kerzenwachs begossen. Die gewünschte Lochgrösse wird aus dem Wachs ausgekratzt und die entstehende Vertiefung mit konzentrierter Flusssäure (Vorsicht!) gefüllt. Die verdunstete Säure wird täglich ergänzt, das Loch vorsichtig nach einigen Tagen durchgestossen.

Vergleicht man den Punkt, den der Laserstrahl (hier eignet sich schon ein 0,5-mW-HeNe-Laser) an der Auftreffstelle erzeugt mit einem «fixierten» Elektron, so kann man die Bilder (Bild 1), die nach dem Durchtritt der Riffelglasscheibe auftreten mit dem Begriff «verschmierte Ladung» verbinden. Der «Ladungspunkt» zerfliesst zu einer nicht scharf eingrenzenden, ständig die Struktur und Ausmasse ändernde «Wolke», die nur noch durch die zeitlich gemittelte Ladungsdichte in einem Raumpunkt beschrieben werden kann.

Es ist – im Einklang mit der Unschärferelation – nicht möglich, das Elektron im Modell auf einen Punkt zu konzentrieren. Bei Erhöhung der Motordrehzahl verschwinden je nach Geschwindigkeit die Konturen, und die Bildhelligkeit nimmt vom Zentrum weg deutlich ab. Die Helligkeit in einem Raumpunkt unseres Modellbildes ist als Amplitudenquadrat der Photonendichte und damit in der klassischen Optik der Helligkeit direkt proportional.

Wer der Auffassung ist, dass damit der Aufbau des Experiments noch

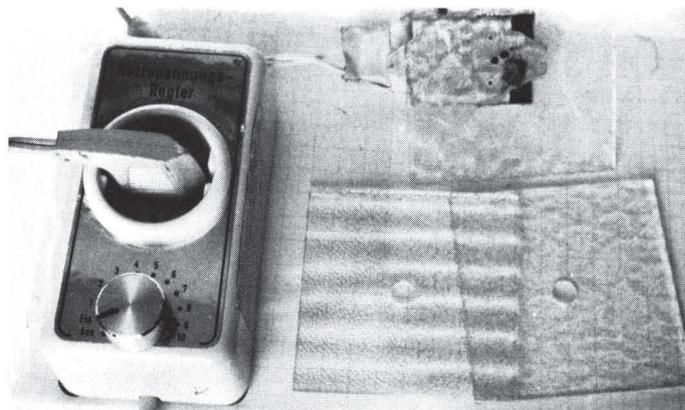


Bild 2 Riffelglasscheibe auf Synchronmotor. Motor mit «Bohrmaschinenregler» angesteuert.

nicht ausreichend legitimiert ist, der erfreue sich an den ästhetischen Gebilden, die auch dem Fotoamateurl ein weites Betätigungsfeld bieten [4]; denjenigen, die sich für «Spaziergängerquantenmechanik» interessieren, sei dazu ein Wort von Erwin Schrödinger als Zitat mitgegeben:

«Die physikalische Forschung hat klipp und klar bewiesen, dass zum mindesten für die erdrückende Mehrheit der Erscheinungsabläufe, deren Regelmässigkeit und Beständigkeit zur Aufstellung des Postulats der allgemeinen Kausalität geführt haben, die gemeinsame Wurzel der beobachteten strengen Gesetzmässigkeit der Zufall ist.»

(Erwin Schrödinger: «Was ist ein Naturgesetz?», Antrittsrede Universität Zürich, Dezember 1922.)

Acknowledgment

The financial assistance of the Studienstiftung des Deutschen Volkes with a scholarship without which this series would not have been achieved, is greatly appreciated.

Literatur:

- [1] Heisenberg, Werner: «Über den anschaulichen Inhalt der quantentheoretischen Kinematik und Mechanik», Zeitschrift für Physik 43, (1927), 173 ff.
- [2] Schwankner, Robert: Laseranwendungen in der Experimentalchemie – Ein Praktikum, Carl Hanser Verlag München, Wien (1978).
- [3] Schwankner, Robert: «Der Laser 1917–1978», Kultur und Technik 3, 12–19, (1979).
- [4] Winzer, G.; Bergfeld, W.; Reichelt, A.: Lasergraphie, Medium für Bühne, Design und Architektur, Callwey, München (1975).