

Existiert eine kosmische Quantelung?

Die spekulative Frage, ob im Großen, in astronomischen Dimensionen, unser klassisches Weltbild in ähnlicher Weise zu modifizieren sei wie im atomaren Bereich, ob Quanteneffekte die Struktur von Sternsystemen und Galaxien bestimmen, wird immer wieder gestellt. (Zum Beispiel: J. M. Bar-nothy, IAU Symp. 62 [1974], S. 25; W. G. Tifft, Astrophys. Journal 221, 756). Im folgenden geht ein Chemiker diesem Gedanken nach, den zu-nächst rein morphologische Ähnlichkeiten zwischen Großem und Kleinem stützig machten. Zur erwähnten Struktur von Sternentstehungsgebieten vgl. SuW 18 [1979], S. 125.

Das vom Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg aufgrund von Polarisationsstudien der Infrarotstrahlung aus Gebieten mit aktiver Sternentstehung entwickelte Modell von der Entstehung eines Planetensystems [1], vergl. Abbildung 1, besitzt – zumindest für einen Chemiker – eine erstaunliche Ähnlichkeit mit einem D_{z^2} -Orbital des Wasserstoffatoms [2], vergl. Abbildung 2. Der erste Gedanke bei einem solchen Vergleich mag zu dem nächstliegenden Schluß führen, daß es sich bei dieser Ähnlichkeit, wie so oft, um ein frappierendes Spiel des Zufalls handelt. Damit kann der Fall erledigt sein. Aber solche Ähnlichkeiten können auch eine seltsame, länger andauernde Verwunderung auslösen, aus der interessante Fragen zu erwachsen beginnen. Im folgenden soll diesen Fragen gestattet werden, sich konkreter zu entfalten. Die notwendige kritische Prüfung der aus der Beantwortung der Fragen resultierenden Schlußfolgerungen sollte dann zeigen, ob es sinnvoll war, der fragenden Verwunderung nachzugehen.

Wenn man also annimmt, daß der Ähnlichkeit zwischen den Strukturen in Abbildung 1 und 2 ein gemeinsames Ordnungsprinzip zugrunde liegt, so wird man zu dem ersten wesentlichen Schluß geführt, daß eine Quantisierung der Energie homogen verteilter Staubmassen in einem zentralen Gravitationsfeld, z. B. dem eines neu gebildeten Sternes, existiert – ganz in Analogie zur Quantisierung der Elektronenbewegung im Coulombfeld des Protons. Beide Phänomene sollten dann durch eine zeitunabhängige, dreidimensionale Schrödinger-Gleichung beschreibbar sein.

Um diese Analogie weiter zu entwickeln, müssen etwa die folgen-

den hypothetischen Annahmen vorangestellt werden:

1. Entsprechend der mikroskopischen de-Broglie-Wellenlänge jedes Elementarteilchens muß den gleichen Teilchen und ihren Assoziaten eine kosmische de-Broglie-Wellenlänge und eine damit verbundene kosmische Welleneigenschaft zugeordnet werden. Dies bedeutet, daß das Planck'sche Wirkungsquantum h ein kosmisches Analogon besitzen sollte, dem im folgenden zur einfachen Benennung der Buchstabe A zugeordnet wird.

2. Die durch Abbildung 1 gegebene Massenverteilung soll ja einem einzigen durch eine bestimmte Wellenfunktion charakterisierten stationären, d. h. zeitunabhängigen Quantenzustand entsprechen. Dies setzt die Annahme voraus, daß alle Staubpartikel und Elementarteilchen, die durch eine Quantisierung im Zentralfeld eines Protosterns erfaßt werden, sich unabhängig von ihren mikroskopischen Eigenschaften bei einer kosmischen Quantelung wie Bosonen verhalten und einen einzigen Quantenzustand besetzen können. Wesentlich zum quantenmechanischen Verständnis des Wasserstoffatoms ist es dagegen, daß Elementarteilchen mit ungeradem Spin, etwa das Elektron mit Spin $\frac{1}{2}$, durch die Fermi-Statistik zu beschreiben sind. Fermionen ist es nicht erlaubt, einen gemeinsamen Quantenzustand einzunehmen.

3. Eine weitere wesentliche Annahme sollte den Begriff der Observablen bei einer kosmischen Quantelung kennzeichnen. Observable, d. h. beobachtbare Eigenschaften eines kosmischen Systems, sollten sich aus einer Überlagerung kosmischer Quanteneffekte und normaler astrophysikalischer kosmischer, makroskopi-

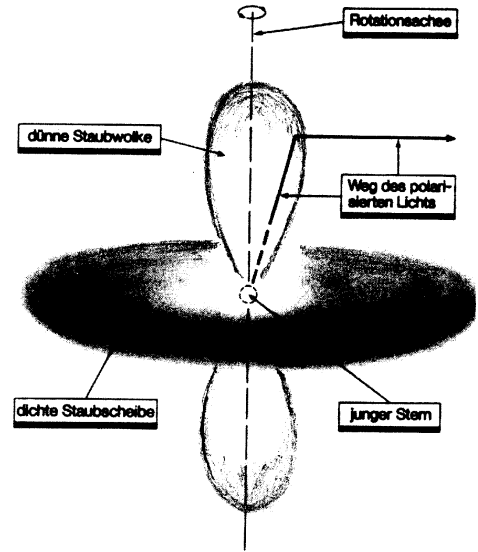
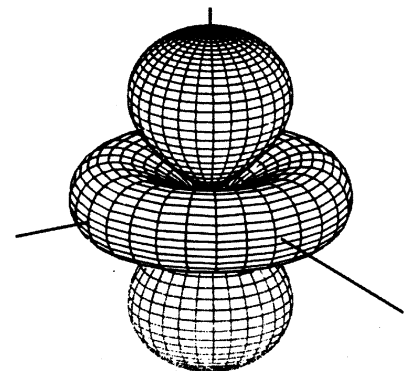


Abb. 1: Modell von der Entstehung eines Planetensystems, wie es vom Heidelberger Max-Planck-Institut für Astronomie entwickelt wurde [1].

Abb. 2: d_{z^2} -Orbital eines Wasserstoffatoms. Der Absolutbetrag der dargestellten, normierten Wellenfunktion ist 0,01 [2]. Die unterschiedliche Schattierung kennzeichnet den Vorzeichenwechsel der Wellenfunktion im Orbital.



Bemerkung: Ab 1984 gelang in Laborexperimenten der Nachweis feinstofflicher, unsichtbarer und gequantelter feldförmiger Materie mit realem makroskopischem Masseinhalt (Dunkle Materie). Im Rahmen der damit beginnenden Feinstofflichkeitsforschung muss in dem vorliegenden Artikel folgende Verständnisänderung vorgenommen werden: Die um einen Protostern als gequantelt angenommenen kosmischen grobstofflichen Staubmassen sind durch stationär und gravitativ gebundene feinstoffliche Materieassoziate zu ersetzen. Sie bilden kosmische Orbitale mit realem Masseinhalt und erzeugen gravitative Wirkungen auf grobstoffliche Staubmassen, die zu den beschriebenen Effekten der Jetbildung und Masseverteilung führen.

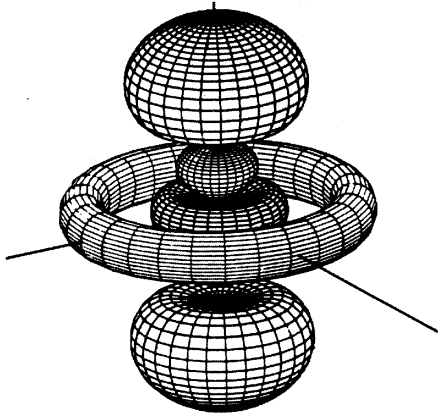


Abb. 3: Höher angeregtes Wasserstofforbital mit den gleichen Symmetrieeigenschaften wie in Abb. 2 [2].

scher und mikroskopischer Einflüsse ergeben. Ausgehend von diesen drei Grundannahmen, kann man nun ganz entsprechend zum Wasserstoffatom für einen Protostern und die ihn umgebenden Staubmassen eine dreidimensionale, zeitunabhängige Schrödinger-Gleichung erstellen. In ihr ist h durch A , mit noch unbekanntem Wert, ersetzt. Anstelle der Elektronenmasse steht die Gesamtmasse der Staubhülle, die Masse des Zentralgestirns substituiert die Protonenmasse. Als potentieller Energieterm der Masse der Staubhülle kann das von der klassischen Berechnung der Planetenbahnen her bekannte Newtonpotential mit einem gravitativen Anziehungsterm durch das Zentralgestirn und einem durch die Zentrifugalkraft erzeugten Abstoßungsterm eingesetzt werden. Als geschlossene Lösung einer solchen Schrödinger-Gleichung unter Beachtung der entsprechenden Randbedingungen, wie sie für das H-Atom gelten, resultieren nun diskrete Energieeigenwerte mit zugeordneten Eigenfunktionen¹⁾. Die Form dieser Wellenfunktionen ist dabei weitgehend gleich den Orbitalen des H-Atoms. Benutzen wir nun noch das oben erwähnte Überlagerungsprinzip, so folgt, daß aus

¹⁾ Die beiden Winkelanteile der Wellenfunktion sind identisch mit denen des Wasserstoffatoms. Der Radialanteil, für dessen Ableitung ich Herrn Dr. Martin Grüner herzlich danke, ist verschieden, wobei die Orbitalproportionen im Vergleich zum H-Atom jedoch nur geringfügig abweichen.

der Gesamtmenge der möglichen Orbitale nur diejenigen erlaubt sind, die die drei Symmetrieelemente einer kontrahierenden Ur-gaswolke besitzen: Sie müssen durch eine Rotationsachse gekennzeichnet sein, zu der senkrecht eine Spiegelebene existiert. Während der Zentralstern im Schnittpunkt aus Rotationsachse und Spiegelebene liegt, sollte der Hauptteil der verbleibenden Staubmasse der Ur-gaswolke in der Spiegelebene rotieren. Wenden wir diese Symmetrieeigenschaften auf die erhaltenen Wellenfunktionen an, so folgt als Grundzustand das in Abbildung 2 angegebene Orbital. Als weitere Anregungszustände ergeben sich ähnliche Wellenfunktionen mit weiteren Knotenebenen in den Orbitalringen und den keulenartigen Orbitalteilen, die in der Rotationsachse liegen, vergl. Abbildung 3. Setzt man anstelle von $h = 6.6238 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{s}$ den Wert $A \approx 10^{52} \text{ erg} \cdot \text{s}$ ein, so weitet sich das Orbital der Abbildung 2 zu kosmischen Dimensionen aus, in denen ein Protostern gemäß Abbildung 1 Platz finden kann. Eine solche, sehr qualitative Übereinstimmung besitzt natürlich zunächst noch keine allzu große Aussagekraft und rechtfertigt nicht ohne weiteres die Annahme obiger sehr grundlegender physikalischer Voraussetzungen.

Man kann aber noch einen Schritt weiter gehen und folgende Überlegungen anstellen: Die beiden keulenartigen Massenansammlungen in der Rotationsachse sollten aufgrund der in ihnen erfolgenden Be-

wegungsabläufe nicht stabil sein, falls sie nicht durch spezielle dynamische Effekte, die mit diesem Modell nicht beschreibbar sind, stabilisiert werden. Geht man davon aus, daß ihre Lebensdauer im Verlauf der Evolution des Fixsternsystems kurz ist, im Vergleich zur Planetenbildung in der Staubscheibe, so resultiert schließlich ein weitgehend ebenes, d. h. zweidimensionales System. Nimmt man weiterhin an, daß in dieser abgeflachten Staubscheibe wiederum eine kosmische Quantisierung einsetzt, deren Relaxationsmechanismen schneller ablaufen als eine Planeten- und Mondbildung, dann sollte die Massenverteilung eines solchen Systems wieder durch Wellenfunktionen einer entsprechenden zweidimensionalen, zeitunabhängigen Schrödinger-Gleichung berechenbar sein. Als Testfall kann hierbei die Massenverteilung in unserem eigenen Sonnensystem dienen¹⁾. Das Ergebnis einer solchen Modell-anpassung zeigt Tabelle 1, in der den bekannten Planetenmassen einschließlich der jeweiligen Monde, die berechneten Werte gegenübergestellt sind. Die Übereinstimmung ist gut. Mit sechs Modellparametern werden sieben Planetenmassen recht genau beschrieben. Das für die Anpassung benutzte Orbital besitzt zwei konzentrische Knotenebenen. Die innere Knotenfläche grenzt die vier inneren kleinen Planeten klar von den äußeren ab. Der Rechnung liegt weiterhin die aus dem obigen Überlagerungsprinzip abgeleitete Annahme zugrunde, daß die Massenverteilung als Produkt einer quantenmechanischen und einer normalen astrophysikalischen Wahrscheinlichkeitsverteilung anzusetzen ist.

Die beiden obigen Ergebnisse zusammengenommen zeichnen einerseits die Evolution eines Fixsternsystems nach, wie sie generell ablaufen könnte. Andererseits sind die angestellten Überlegungen so allgemein, daß sie nicht auf kosmische Objekte von Fixsterngröße beschränkt sein sollten. Vielmehr ist zu erwarten, daß sie auch bei astronomischen Objekten in der Dimen-

¹⁾ Es ist anzunehmen, daß die Massen der vier inneren Planeten während der Bildungsphase durch die Anwesenheit der leichten Elemente Wasserstoff und Helium wesentlich größer lagen als heute. Dies wurde bei der Modellanpassung nicht berücksichtigt.

Tabelle 1: Vergleich der beobachteten und berechneten Massen der Planeten einschließlich ihrer Monde.

| Planet | Planetenmassen einschließlich der jeweiligen Monde [10^{26} g] | |
|---------|--|-----------|
| | beobachtet [5], [6], [7] | berechnet |
| Merkur | 3.333 | 4.5 |
| Venus | 48.70 | 48.7 |
| Erde | 60.495 | 60.493 |
| Mars | 6.443 | 6.444 |
| Jupiter | 18896.695 | 18900 |
| Saturn | 5685.4237 | 5680 |
| Uranus | 867.684 | 2000 |
| Neptun | 1030.4003 | 1041 |
| Pluto | 0.15 | |

sion von Galaxien eine Rolle spielen können. Daß dies möglich erscheint, zeigen die Abbildungen 4, 5 und 6. In Abbildung 4 ist die Prinzipskizze eines Quasars dargestellt [3]. Die Mehrzahl der Astronomen akzeptiert heute die Hypothese, daß Quasare die hochaktiven Kernbereiche von Galaxien sind, möglicherweise von Galaxien in ihren frühen Kollapsphasen. Abbildung 5 gibt die Photographie der Radiogalaxie NGC 5128 im sichtbaren Spektralbereich wieder [4]. Ein breites dunkles Staubband rotiert mit großer Geschwindigkeit um die große Achse des Kerns. Abbildung 6 zeigt zusätzlich die Radioisophoten, d. h. die Linien gleicher Intensität der bei 10 cm gemessenen Radiostrahlung. Als Ergebnis aus Abbildung 4 und den beiden Abbildungen 5 und 6 ergibt sich wieder eine generelle Übereinstimmung der Massenverteilung mit Abbildung 2. Falls weitere Untersuchungen das hier kurz umrissene Modell bestätigen, kann die Analogie zwischen elektromagnetischer Coulombwechselwirkung und Gravitation weiter vertieft werden. U. a. ergäbe sich das Bild, daß der durch die Sinne erfahrbare makroskopische Bereich unserer Umgebung eingebettet ist, in quantenmechanische Ordnungsstrukturen mikroskopischer und kosmischer Dimensionen, die beide der direkten

menschlichen Wahrnehmung verborgen sind. Demgemäß sollten die Effekte einer kosmischen Quantisierung beim Grenzübergang in den makroskopischen Bereich unserer Umgebung analog zur mikroskopischen Quantenmechanik in die klassischen Gesetze der Physik übergeben.

Literatur

- [1] R. Gerwin, Wo sich die Sterne bilden, Bild der Wissenschaft **15**, Heft 2, 1978, 118-119.
- [2] J. Brickmann, M. Klöfter, H. U. Raab, Atomorbitale, Chemie in unserer Zeit **12**, 23-26, Nr. 1, 1978.
- [3] W. Priester, Energiereiche Objekte im Kosmos, Vortrag auf der GdCH-Hauptversammlung in Berlin, Sept. 1979.
- [4] K. Schaifers, G. Traving, Meyers Handbuch über das Weltall, Bibliographisches Institut Mannheim, Wien, Zürich, 1973, Seite 632-633.
- [5] in [4] Seite 219.
- [6] Allen, Astrophysical Quantities, The Athlone Press, London, 1964, S. 147.
- [7] New Scientist **88**, (1980), Seite 20.

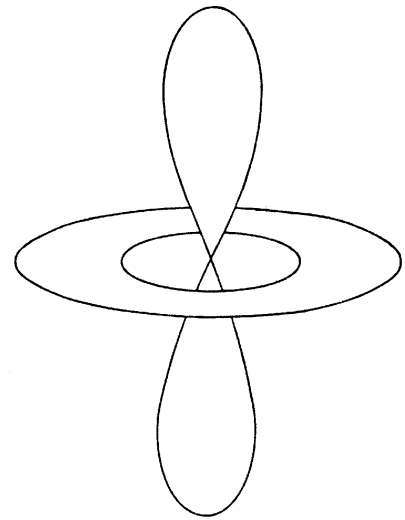


Abb. 4: Prinzipskizze eines Quasars [3].

Abb. 6: Radioisophoten der Galaxie NGC 5128 mit angedeutetem sichtbaren Bereich entsprechend Abb. 5 [4].

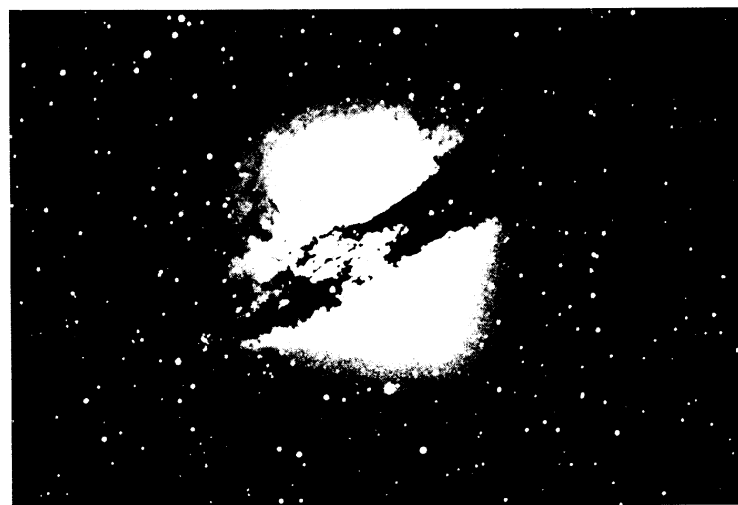
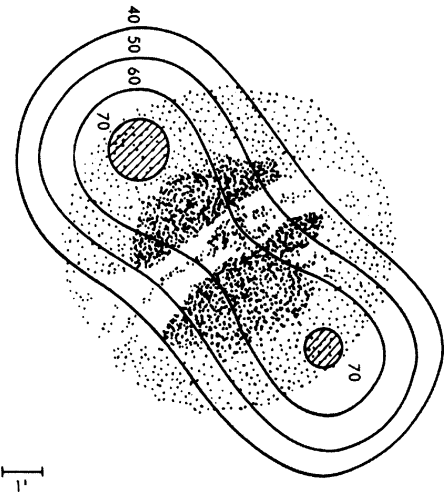


Abb. 5: Photographie im sichtbaren Wellenbereich der elliptischen Galaxie NGC 5128 im Sternbild Centaurus [4].