

1 Vermutungen zur Berechenbarkeit der Sommerfeldkonstante

Diskussionsbeitrag für ein Sommerfeld-Rundtischgespräch am 30.11.1993

Manfred Kunz

EBT Entwicklungsgesellschaft Biotechnik mbH, Fietze-Schulze-Str. 11,
D-04318 Leipzig

Die Physik verdankt dem Mathematiker ARNOLD SOMMERFELD [1] einen Zahlenwert, der zwar einerseits nur eine Zusammenfassung bekannter physikalischer Größen darstellt, andererseits aber den Stellenwert der bedeutendsten Naturkonstante anzunehmen verspricht. Angeregt wurden diese Ausführungen durch maßgebende Autoren [2] mit dem Versuch, eine Brücke von der universellen Naturkonstanten zur Mathematik und zu den verschiedenen empirisch gewonnenen Zuordnungen zu schlagen. Setzt man für das BOHRsche Atom die COULOMBSche Energie $e^2/(4\pi\epsilon_0 r)$ und die Quantenenergie $h\nu = hc/\lambda = \hbar c/r$ ins Verhältnis, so erhält man eine dimensionslose Zahl in einer handlichen Größenordnung. SOMMERFELD sah darin eine Vereinigung von drei Theorien: der Elektronentheorie, der Quantentheorie und der Relativitätstheorie.

$$\alpha = e^2/(4\pi\epsilon_0\hbar c) = 1/137,0359895 \quad K = \alpha^2/2.$$

Die Konstante K ermöglicht in Verbindung mit einem Potenzgesetz eine vereinfachte Korrelation von Bewegung $\alpha^n c$ und relativistischer Änderung K^n , wie folgende Auflistung im einzelnen näherungsweise charakterisiert:

Geschwindigkeit in m/s	Massenzunahmeanteil
$\alpha^1 c = 2187691,4$	$K^1 = 2,662568 \cdot 10^{-5}$
$\alpha^2 c = 15964,36$	$K^2 = 7,089269 \cdot 10^{-10}$
$\alpha^3 c = 116,497$	$K^3 = 18,87566 \cdot 10^{-15}$

Die Feinstrukturkonstante α ist offenbar elementarer als ee oder hc , wie die folgende Tabelle 1 zeigen soll. Es werden drei Spalten mit der Bezeichnung COMPTON, BOHR und RYDBERG sowie neun Zeilen (Z1-Z9) dargestellt, und es geht zunächst um das Elektron und um das BOHRsche Atom. Die nach COMPTON benannte Spalte enthält alle üblichen Angaben zum Elektron, und die nach RYDBERG benannte Spalte enthält die analogen Angaben zum BOHRschen Atom im Grundzustand. Um „von COMPTON zu BOHR“ zu gelangen, genügt allein α als Faktor (Zeile 5-9) oder als Divisor (Zeile 2-4). In gleicher Weise läßt sich mittels des Wertes K die Spalte RYDBERG aus der Spalte COMPTON berechnen. Man erhält somit bekanntlich die Möglichkeit, Atome mit Kernladungszahl

1 aus den Elementarteilchen zu berechnen. In der Tabelle wird von einem ruhenden Kern des BOHRschen Atoms ausgegangen, wie auch aus dem in Zeile 2 (mittlere Spalte) angegebenen BOHRschen Radius $5,29 \cdot 10^{-11} \text{m}$ erkennbar ist. Die mittlere Spalte ist physikalisch nur von untergeordneter Bedeutung. Eine analoge Tabelle läßt sich auch für das Positronium aufstellen, was wegen der massengleichen Komponenten vorteilhaft einfach wäre; denn bei dem atomaren Doppelsternsystem ist die reduzierte Masse μ gleich der halben Teilchenmasse m_e . Verallgemeinert läßt sich die Tabelle für alle Atome aus Teilchen und Antiteilchen anwenden, und hier sind neben Positronium noch Protonium und Mesonium zu nennen. Für die Berechnung der Atombindungsenergie genügt neben den Konstanten α und c allein die Angabe der Teilchenmasse. Dies ist erfreulich und merkwürdig zugleich. Die Reduktion der Tabelle auf den Sachverhalt $\varepsilon = m_e c^2 K$ kommt einer Eigenschaftsverarmung gleich; denn die zusätzlichen Eigenschaften wie Drehimpuls, Radius, Frequenz verschwinden dabei.

		COMPTON	BOHR	RYDBERG
		(137)	(137 * 2)	
Z1	m	9.109390E-31	6.647443E-33	2.425437E-35
Z2	r	3.861593E-13	5.291772E-11	1.450327E-8
Z3	λ	2.426311E-12	3.324919E-10	9.112671E-8
Z4	τ	8.093301E-21	1.109074E-18	3.039660E-16
Z5	ν	1.235590E+20	9.016535E+17	3.289842E+15
Z6	ω	7.763440E+20	5.665256E+18	2.067069E+16
Z7	v	2.997925E+8	2.187691E+6	7.982178E+3
Z8	ε	8.187111E-14	5.974424E-16	2.179874E-18
Z9	a	5.110030E+5	3.728970E+3	1.360580E+1

Tabelle 1: Die Behandlung der Bindungsenergien im Teilchenbild

Erläuterung:

Zeile 1, kurz Z1, enthält in Spalte COMPTON die vorgegebene Masse m_e in kg

Z2 Radius r in m, jeweils ermittelt gemäß $r = \hbar/(mc)$, aus Z1 und \hbar/c

Z3 enthält die Wellenlänge $\lambda = 2\pi r$ in m, wird also aus Zeile 2 gebildet

Z4 Umlaufzeit $\tau = \lambda/c$ in s aus Z3 (und aus c)

Z5 Frequenz $\nu = 1/\tau$ in s^{-1} , folglich aus Z4 gebildet

Z6 Winkelgeschwindigkeit $\omega = 2\pi\nu$ in s^{-1} aus Z5

Z7 Geschwindigkeit $v = \lambda/\tau$ in m/s, also aus Z3 und Z4 gebildet

Z8 Energie $\varepsilon = \mu c^2$ in kg (m/s)^2 , aus Z1 und aus c

Z9 Energie a in eV, aus Z8 mittels Umrechnungsfaktor gebildet

Die Atombindung ist im wesentlichen eine Frage der Energie, welche nach Zeile 8 nur von der Masse abhängt. Wenn also die Bindungsenergie eines prognostizierten Atoms aus dem Deuteriumkern und seinem denkbaren Antiteilchen abgeschätzt werden soll, so geschieht dies mittels $\mu c^2 K$ unter Verwendung der Deuteriummasse in Elektronenmasseneinheiten $2 \cdot 1836 \cdot m_e$, woraus ein Wert von 24,98 keV resultiert. Alle anderen Tabellenangaben sind bei dieser Aufgabe entbehrlich; so gesehen ist selbst die PLANCKSche Konstante lediglich ein Pro-

portionalitätsfaktor für die Gewinnung einer Längenangabe aus der Teilchenmasse. Die ganze Tabelle, die faktisch aus einem einzigen Vorgabewert entsteht, ist eine Auffächerung von Eigenschaften unter Einbeziehung neuer Proportionalitätskonstanten. Unabhängig vom Modell liefert die Energie innerhalb einer jeden gewählten Spalte stets den gleichen Wert $\varepsilon = \mu c^2 = h\nu = \mu r^2 \omega^2$. Die Abstimmung der Werte wurde dankenswerterweise von Herrn VOGELSSANG [3] vorgenommen.

Der Übergang vom Elementarteilchen zum Atom, d. h. der Sprung von der linken Spalte (Index C wie COMPTON) zur rechten (R wie RYDBERG), ist gleichbedeutend mit einer Energieverkleinerung um den Faktor $K = 2,6625661 \cdot 10^{-5}$; denn die Übergangsenergie beträgt $\Delta = \varepsilon_R = \mu_R c^2 = \varepsilon_C K = \mu_C c^2 K$. Diese Prozedur läßt sich fortsetzen, indem man von der Spalte RYDBERG ausgeht und eine rechts außen anzusetzende weitere Spalte anfügt, welche der Bedeutung nach als Spalte „Feinstruktur“ zu bezeichnen wäre, für die, vereinfacht gesagt, $\mu = \mu_R K = \mu_C K^2$ gilt. Die Fortsetzung dieser Progression führt über neun Stufen und in Anlehnung an ein Konzept von GOODMAN [4] zu vernünftigen Aussagen über den Menschen und den Kosmos. Während die energieproportionalen μ -Werte immer kleiner werden, wachsen die zugehörigen Längen im gleichen Maße an. Beim Anfangswert μ_C bzw. m_e spricht man vom Teilchen (COMPTON-Teilchen), beim μ_R ist es nicht üblich, von einem RYDBERG-Teilchen zu sprechen. Besser wäre die Bezeichnung „Wesenseinheit“; denn der Atombindungsübergang stellt ebenso wie der Feinstrukturübergang einen selbständigen meßbaren Effekt dar. SOMMERFELD hatte die Feinstruktur als einen relativistischen Effekt gedeutet und berechnet. Vom Grundzustand des BOHRschen Atoms ist bekannt, daß die Elektronengeschwindigkeit αc beträgt, woraus relativistisch ein μ_R resultiert, welches bei spaltenweiser Betrachtung von Tab. 1 im Teilchenbild separat erscheint. Die Prozedur der Verkleinerung ist mit der Reihenentwicklung der LORENTZ-Formel der speziellen Relativitätstheorie (SRT) verwandt. Für die Variable β in der Schreibweise von EINSTEIN ist die Konstante α einzusetzen, wobei der transversale bzw. longitudinale Charakter unbeachtet bleibt:

$$\varepsilon_{\text{kin}} = m_0 c^2 ((1 - \beta^2)^{-1/2} - 1) = m_0 c^2 (1 + 1/2\beta^2 + 3/8\beta^4 + 5/16\beta^6 + \dots - 1).$$

Beim Entstehen der Atombindung wird die potentielle Energie der freien Ladungsträger verringert und freigesetzt, aber im Licht der LORENTZ-Formel erscheint die defizitäre abgestrahlte Energie als relativistische, der Bindungsenergie äquivalente Massenzunahme. So gesehen sind Atombindungen eine Vorstufe der Annihilation, bei der ein durch K vorgegebener Bruchteil der reduzierten Ruhemasse vernichtet wird. Ein weiterer Unterschied liegt darin, daß die Partner nicht mit Lichtgeschwindigkeit, sondern mit der Relativgeschwindigkeit αc gekoppelt sind, aus der die Bindungsenergie resultiert. Bei wasserstoffähnlichen Verbindungen mit Kernladungszahl Z ergibt sich mit $\alpha c Z$ eine um den Faktor Z^2 größere Energie als beim H-Atom, sofern Z nicht zu groß wird; beim hypothetischen Element $Z = 137$ wäre ohnehin eine Grenze erreicht. Man kann rekapitulieren: H-Atom, Positronium, Protonium werden durch die Gemeinsamkeit einer internen Geschwindigkeit αc verbunden. Dies führt zwangsläufig zu

dem Schluß, daß Atombindung zu 100 Prozent ein Effekt der SRT sein müßte. Dies war zwar nicht die Sichtweise von SOMMERFELD, aber die in seinen Büchern mitunter auftauchende Formulierung $m/2(\alpha c)^2$ für die Atombindung ist so interpretierbar.

Zahlenspiele und ein Wachstumskonzept für die α -Berechnung

SOMMERFELD schrieb: „Die Feinstrukturkonstante ist eine reine Zahl, die den ungefähren (oder exakten?) Wert $1/137$ hat“ und berichtete [5], daß EDDINGTON für $1/\alpha$ eine Kombination aus ganzen Zahlen, nämlich $137 = 16 + (16 \cdot 15)/2 + 1$, angegeben hatte. Dies erscheint trivial zusammengewürfelt, aber EDDINGTON [6] hatte versucht, den Wert durch Abzählen DIRACscher Matrizen zu gewinnen. Es hat den Anschein, daß man ohne Probieren im Sinne von BALMER nicht zum Ziele kommt, und so könnte man fragen, ob eine Zahl n existiert, für die $(n/2 - 1)^2 + (n + 1)^2 = 137$ gilt. Die Antwort lautet $n = 10$. Die Zahl 137 ist eine Primzahl und somit eine Summe der Quadrate natürlicher Zahlen, also $11^2 + 4^2$. Bemerkenswert ist der doppelte Wert der Primzahl 137; denn in hexadezimaler Schreibweise ergibt sich die magische Zahl hex111 + 1, welche aus der Summe hex100 + hex10 + 2 = $2^8 + 2^4 + 2 = 274$ besteht. Wir unterstellen der Natur, daß sie zwar keine Wurzel ziehen kann, aber dagegen wohl eine ungeradzahlige Punktfolge kopieren und um 2 erhöhen kann. Bei Anwendung auf die Zahl 274 wäre zu schreiben $16^2 = 1 + 3 + 5 \dots + 29 + 31$ sowie $4^2 = 1 + 3 + 5 + 7$. Das halbe Quadrat von 274 ergibt 37538, und der Reziprokwert stellt mit einiger Näherung das oben genannte K dar. Dieser Wert, der sich aus der Zahl hex41010, dividiert durch 10^{10} , ergibt, läßt sich wie folgt schreiben: $2^{18} + 2^{12} + 2^4$.

Als Ausgangspunkt für eine Herleitung von α kann das expandierende Universum sowie die Wachstumsgleichung von FIBONACCI dienen. Betrachtet man nicht, wie FIBONACCI, die Vermehrung von Tauben oder Hasen, sondern die Zunahme von polygonartigen Raumpunkten bei einer taktweisen Ausdehnung des Weltalls, dann müßte jede Generation der Folge G_{t-1}, G_t, G_{t+1} um den Faktor 1,618 anwachsen. Das Bildungsgesetz und die Abzählvorschrift zu dieser Punktvolke werden versuchsweise auf subatomare Prozesse angewandt, mit der Annahme, daß hier auch ein Trägheitscharakter vorliegt; denn die eigentliche Ursache für das Zustandekommen des Goldenen Schnitts ist die Verzögerung, weil z. B. die gerade geborenen FIBONACCI-Tauben erst im nächsten Takt vermehrungswirksam sind. überträgt man den konstanten Zeittakt Δt auf eine linearisierte mechanische Bewegung, dann sind Beschleunigung u , Geschwindigkeit v und Weg w entsprechende Wachstumsschritte. Die algorithmische Formulierung für die gewöhnliche Polygonsimulation lautet:

$$1 : u = \text{Funktion}(w) : v = v + u * \Delta t : w = w + v * \Delta t : \text{GOTO}1.$$

Da es sich um einen fortschreitenden Takt handelt, muß das Ergebnis auf den Anfang dieser Schleife zurückgeführt werden. Dieses Sprungkonzept, welches

einen losen Zusammenhang mit der Diskretisierung der NEWTONschen Gleichung hat, wurde übrigens von GREBE [7] erstmalig auf einfache Moleküle angewandt. Es folgt nun als entscheidende Frage die Suche einer solchen periodischen Kreisbewegung, die auch im expandierenden Raum erhalten bleibt. Dabei muß auch das doppelte Nachhinken von w gegenüber u Schritt halten. Die Frage wird beantwortet durch die Polygonbahn des regulären Zehneckes. Genauer gesagt handelt es sich um ein Doppelfünfeck, welches wie ein Doppelsternsystem stationär stabil bleibt. Die Simulation des Vorgangs verläßt die infinitesimale Mechanik und entfernt sich leider von der Physik. Dennoch ist die Nachprüfung ziemlich einfach. Man zeichne ein Zehneck dergestalt in einen Einheitskreis, daß eine Vertauschbarkeit der x - und y -Koordinate erzielt wird. Dazu muß der Kreisbogen im ersten, positiven Quadranten in zehn Segmente geteilt werden. Vier Segmente oberhalb und unterhalb der 45° -Linie bilden je ein Zehneck-Element, und beide zusammen ergeben ein Fünfeck-Element, welches an beiden Seiten von je einem weiteren Segment flankiert wird. Als Startkoordinaten der Punkte $i = 1, 2, 3$ sind für die Simulation nachfolgende Werte w_{ki} abzuleiten:

$$w_{x1} = \cos 9^\circ = w_{y3}; \quad w_{y1} = \sin 9^\circ = w_{x3}; \quad w_{x2} = w_{y2} = 1/\sqrt{2}.$$

Unter der Annahme $u = 1/r^2$ ergibt sich mit dem Radius $r = 1$ ein $\Delta t = 0,618034$. Als vektorielle Größen resultieren $u = 1$; Verrückung = Seitenlänge = $0,618034$; $v = 1$.

Das bewegte Doppelfünfeck ist dennoch, wenn auch in einer „sparsamen Fassung“, ausgestattet mit wesentlichen himmelsmechanischen und atomaren Charakteristiken, es besitzt z. B. Umdrehungszahl, Schwerpunkt, reduzierte Masse, antiparallelen Spin, Anziehung und Ausdehnung [8]. Man erkennt auch in der Ununterscheidbarkeit, ob es sich bei der Verrückung um zwei Punkte oder um einen Strich handelt, einen gewissen Unschärfecharakter. Die zehn Punkte werden in geordneter Weise regelmäßig besetzt bzw. aufgefrischt, und die Natur braucht bei irreduzibler Darstellung dafür nur wenige Speicherplätze. Bedeutsam ist die Eigenschaft, daß z. B. das Fünfeck in zwei Moden existiert, wie bereits 1809 von POINSOT [9] beschrieben wurde.

Der erforderliche Vorrat an zehn Bahnpunkten spiegelt sich im nächsten Schritt wieder, indem bei jedem Takt statt eines Paares gleich fünf Raumpunktpaare entstehen; denn im Gegensatz zu FIBONACCI beginnt die Reihe mit 10 und nicht mit 1. Die logistische Gleichung $z = x(1 - x)$ wird für ein mehrfaches Nachhinken n modifiziert und lautet: $z = x^n(1 - x)$. Bei FIBONACCI wurde $n = 1, z = 1$ gesetzt, aber für das Doppelfünfeck sind mit $x = 3,701562$ folgende Ergebnisse zu verzeichnen: bei $n = 1$ folgt $z = 10$, bei $n = 3$ folgt $z = 137,01562$, und bei $n = 5$ ergibt sich $1877,33$. Man vergleiche hierzu die verwandte empirische Kombination: $1/a(1/a - 1/b) = 1/x$; $a = n^2 + 1$; $b = (2n)^2 + 1$, welche mit $n = 3$ bzw. $n = 6$ als x die Werte $137,037$ bzw. $1838,009$ liefert und damit zwei wichtige atomphysikalische Verhältnisgrößen zunächst besser als die Wachstumsformeln wiedergibt. Allerdings existiert ein noch genaueres Zahlenspiel der Wachstumsergebnisse, deren Interpretation

ohnehin noch aussteht:

$$(3,701562 + 2 \cdot 137,01562 \cdot 10^{-6})^2 = 137,03591234/10.$$

Die relative Abweichung vom Literaturwert beträgt 1,000 000 6. Manches deutet auf den ganzzahligen Ursprung unserer Naturkonstanten hin, und ein hübsches Nebenprodukt ist die Zahl $1836,149959 = 274 + T(2 + 10^5)$, welche auf dem transzendenten Rest $T = (2^{10} + 1)^{1/2} - 2^5 = 1/64,0156$ basiert. Beim Massenverhältnis Proton/Elektron hat die relative Abweichung vom Literaturwert 1836,1527 den Wert 1,000 0015, und es wäre schön, wenn man die Ursache dieser Genauigkeitsverbesserung ergünden könnte. Deutet man die Elementarteilchenbildung als Phasenübergang, dann wären hohe Potenzen typisch. Die Wachstumsgröße $x = 3,70156/10$ liefert zusammen mit $y = x - 0,1$ eine Reihe von Merkwürdigkeiten, wie z. B.

$$\begin{aligned} x \cdot y &= 0,1; \quad x/y = 1,370156; \quad x^2 = 0,1370156; \\ 1/y - 1/x &= 1; \quad 1/x + 1/x^2 = 1/y^2 - 1/y = 10. \end{aligned}$$

Das Auftreten des Goldenen Schnitts beim Wachstumsvorgang findet eine simple Erklärung am Kreis. Läßt man beispielsweise den Zentriwinkel einer Polygonfolge als geodätische Linie [10] so expandieren, daß der rechts vom Dezimalkomma stehende Anteil konstant (z. B. 0,2) bleibt, so entsteht stets bei den Startparametern ein Goldener Schnitt, unabhängig vom Ganzzahlanteil (angegeben in Einheiten 2π) des Zentriwinkels. Der nicht unerhebliche Unterschied der Startwinkel $10/27 = 0,370370$ und $0,3701562$ (beide in 2π) sei hier nur angedeutet. Ab-initio-Aussagen über die Naturkonstanten α und m_e können nur empirischen Charakter besitzen und müssen wahrscheinlich Grundvorstellungen über Masse und Bewegung in Zweifel ziehen. So könnte α aus der Forderung entstehen, verschiedenen Potenzen (Impuls, Energie) gleichzeitig entsprechen zu müssen. Beispielsweise lautet bei einer Energiesumme $1 + \alpha^2/2$ die eindimensionale Impulssumme $1 + \alpha/\sqrt{2}$. Wenn man vom Impuls $m_e c = (\hbar c)/(c r_e)$ ausgeht, erhält man empirisch mit $F = 1,000\,000\,01[\text{cm}^2\text{s}^{-1}]$ und mit r_e als COMPTON-Radius: $1/2\sqrt{3}c = (1 + \alpha/\sqrt{2} + 3\alpha^3)^{1/2} \cdot F/r_e$. Für die Erklärung dient ein spekulatives Modell über den Bewegungsvorgang. Legt man zwei gleiche gleichseitige Dreiecke mit der Höhe aufeinander, dann erhält man bei einer Seitenlänge c ein Parallelogramm mit der Diagonale $1/2\sqrt{3}c$, und dies entspricht geschwindigkeitsmäßig einer relativistischen Verdopplung jeder Masse. Die am Anfangspunkt der Diagonale vorgelegte Elektronenmasse m_e erscheint nochmals als Endpunkt in Form gebündelter kinetischer Energie. Der spezielle Bewegungsakt wird damit zu einem Vorgang des Verschwindens von Masse und des Wiederauftauchens an einem anderen Ort. Das genannte Sprungkonzept könnte man als „stimulierte Vakuumpolarisation“ bezeichnen, wenn der Begriff nicht bereits belegt wäre. Die SRT bietet noch einen anderen Zugang, und zwar beim Bewegungsfall $\beta^2 = 0,618$, wo Masse und Zeit um den gleichen Anteil 0,618 zunehmen. Setzt man $\beta = 0,370008082$, dann liefert die SRT eine Zunahme von $3,618033^{-2}$.

Stoßkonzepte und Polygone als Analogie für Spektren

Beim folgenden Beispiel, dem eindimensionalen „big bang“, wird eine Anordnung der Stoßkörper gewählt, bei der nach dem Anstoß eine Reihe von Folgestößen entsteht. Zwei anfangs ruhende große Kugeln werden durch zwei kleine dazwischengeschaltete Kugeln, die als „Feldteilchen“ wirken und eine mehr oder weniger hohe Anfangsgeschwindigkeit besitzen, elastisch auseinandergestoßen. Bei geeigneten Anfangswerten (z. B. Massenverhältnis 273,30:1 und Startgeschwindigkeit 137,15 Einheiten) kommt die Stoßfolge exakt zur Ruhe, d. h., Kugel und Feldteilchen entfernen sich mit gleicher Endgeschwindigkeit. Bei den obigen Anfangswerten tritt der Endfall nach genau 25 Austauschwechselwirkungen ein. Diese Folgestoßexperimente lassen sich interessanterweise in computersimulierte Polygonbewegungen transformieren, wobei ein kollektives Stoßereignis (beide Stöße erfolgen stets gleichzeitig) einem kollektiven Polygonpunktwechsel entspricht [11]. Erwähnt sei noch eine weitere Zufälligkeit: $\sin(\pi^\circ/4) = 0,01370735$.

Es folgen einige Überlegungen zum expandierenden Universum mit der Annahme, daß sich alle Gegenstände mit Lichtgeschwindigkeit ausdehnen und Photonen ruhen. Wenn ein mit c expandierendes H-Atom auf ein Ruhephoton trifft, dann entspricht dies einer Atomanregung. Das Atom im Grundzustand und im angeregten Zustand muß jeweils selbständig sein, um nicht zu zerfließen. Interferenzexperimente mit Einzelphotonen [12] legen die Vermutung nahe, daß Photonen die Vergangenheit in Abhängigkeit von der Gegenwart dirigieren können. Man kann dem Photon eine feste Position in einem wie auch immer gearteten expandierenden Universum zuordnen. Die Zweiphotonen-Paarvernichtung macht deutlich, daß ein Teilchenpaar ein Photonenpaar ergibt. Also liegt im (virtuellen) Photonenpaar so etwas wie ein Ruhepol. Die geodätische Verbindungslinie und die Wiedererkennung der Partner sind offene Probleme im Puzzlespiel um die Erklärung der atomaren Selbstorganisation durch Entstehen und Vergehen.

Die Lichtabsorption des H-Atoms kann als Analogie des elastischen Stoßes veranschaulicht werden durch Vorlegen einer schweren ruhenden Kugel, die durch ein Stoßpendel in Bewegung versetzt wird. Die ruhende Kugel der Masse M soll das Photon darstellen, und die bewegte Kugel der Masse m soll das Bindungsteilchen gemäß Tabelle 1 repräsentieren. Lichtabsorption bedeutet Inbewegungsetzen eines ruhenden Photons. Der Geschwindigkeitsbetrag der stoßenden Kugel vorher (v) und nachher (u) soll durch die Quantenzahl vorher und nachher repräsentiert werden, wobei Massen und Geschwindigkeiten gemäß $m = |u| - |v|$; $M = |u| + |v|$ verknüpft werden sollen, welches eine Besonderheit des Ruhestoßes ist. Die Zusammenstellung zeigt einige Übergänge einschließlich der Impulse P . Des Weiteren sind die sich kompensierenden Impulspaare, die der maximalen Drehimpulsquantenzahl entsprechen, und die PSE-Schalenkapazität aufgeführt. E bezeichnet den Energieanteil, mit der die Ruhekugel bzw. das Photon fortgestoßen wird. Die RYDBERG-Energie äußert sich bei der LYMAN-Serie als Anfangsenergie des Stoßpendels, bei den anderen Serien muß die verringerte Anfangsenergie ausgeklammert werden, um ganzzahlige Beziehungen zu erhalten. Diese leicht nachvollziehbaren Versuche wurden u. a. an zwei Spezialschulen erprobt [13].

v - u Übergang	M, m	P	$ P $	Paare	PSE	E
1- 2 LYMAN α	3 1	-2	4	1	$2 * (1)$	$3/4$
2- 3 BALMER α	5 1	-3	7	2	$2 * (1 + 3)$	$5/36$
3- 4 PASCHEN α	7 1	-4	10	3	$2 * (1 + 3 + 5)$	$7/144$
1- 2 LYMAN α	3 1	-2	4	1	2	$3/4$
1- 3 LYMAN β	4 2	-6	10	2	8	$8/9$
1- 4 LYMAN γ	5 3	-12	18	3	18	$15/16$

Tabelle 2: Stoßanalogie einer Atomanregung mit ruhenden Photonen

Polygone und Stoßexperimente sind für die Andersdarstellung des expandierenden Alls offenbar gut geeignet; denn das tabellierte Beispiel läßt sich merkwürdigerweise nur mit ruhenden Photonen im Analogmodell realisieren [14]. Im Folgenden wird eine Anwendung auf das Helium probiert. Zwei Kugeln mit den Massen $m_1 = 4$ und $m_3 = 4$ sollen durch einen geraden unelastischen Stoß aufeinandertreffen. Bei gleichen Geschwindigkeitsbeträgen $v_1 = 1$ und $v_3 = -1$ kommt es schlagartig zum Stillstand, weil sich die Impulse kompensieren. Wenn vor dem Stoß zusätzlich noch eine ruhende Masse m_2 mit $v_2 = 0$ am Stoßort angeordnet wird, dann ändert sich an dem insgesamt unelastischen Stoß nichts. Wenn allerdings der Stoß zwischen m_1 und m_2 zeitlich etwas früher stattfindet, dann bildet sich zunächst eine Zwischenmasse. Unter der Annahme $m_1 + m_2 = 7,29735 = 1/0,137036$ ergibt sich eine Zwischengeschwindigkeit von $0,548 = 4 \cdot 0,137036$, die schließlich durch Folgestoß mit dem Körper 3 ausgelöscht wird, indem es zum Gesamtstillstand kommt. Die reduzierte Masse der Zwischenmasse beträgt $1,80742 = P$ und entspricht der Ablösungsenergie eines Elektrons für Helium, dessen Gesamtbindungsenergie $P + 4 = 5,80738$ RYDBERG-Einheiten beträgt. Führt man das Analogieexperiment für Helium elastisch aus, dann gelangt man über drei gerade Folgestöße zu einer Aufteilung der Gesamtenergie 8 in $4 \pm 4/5$. Man kann das unelastische Modell als Realisation einer Näherungsformel für heliumähnliche Ionen (nachgeprüft für die Fälle $Z = 2 \dots 12$) betrachten: $1/P = 1/Z^2 + 1/(Z^2 \cdot (Z - 1) \cdot 0,8)$.

Zum Vergleich mit den experimentellen Heliumwerten seien zwei Spektraldaten der Fundamentalserie in RYDBERG-Einheiten angegeben, und zwar einmal der Grenzwert der seinerzeit so genannten Paraserie $1,807387 = P$ und das Anfangsglied der Serie $1,559710 = Q$. Empirisch findet man die Beziehungen $Q/P = 1 - 0,137036$; $P - Q = 1/(1 + f)^2$; $1/f = P(1 - P/4)$. Unter den Zahlenspielen mit diesen Werten liefert allerdings die nachfolgende Formel einen Bestwert: $(x - 1)/\sqrt{2x - 1}$; denn mit $x = 8$ folgt $1,807392$.

Eine Verallgemeinerung auf die gesamte Fundamentalserie des Heliums steht noch aus, zeigt aber mit dem Ansatz $n^{-3}(1 - n^{-2}) = N$, der dem ursprünglichen Feinstrukturansatz mit „ k -Werten“ von SOMMERFELD nicht unähnlich ist, exzellente Ergebnisse [13]. Sollte sich die Ableitung bewahrheiten, dann werden hiermit 35 Linien innerhalb der Meßgenauigkeit ohne Inanspruchnahme physikalischer Konstanten berechnet. Außerdem wird dabei auf drei Koeffizienten einer Potenzreihe und auf den sogenannten Quantendefekt [15] durch

$1/n^{*2} = 1/n^2 - (P-Q)N/10$ verzichtet. Beim Auftreten einer Elektronenabstoßung ist die Einbeziehung von α erforderlich. So erhärtet sich bei aller gebotenen Vorsicht der Verdacht, daß α nicht nur für die Feinstruktur, sondern auch für die Grobstruktur bedeutsam ist.

Literatur

- [1] Sommerfeld, A.: *Atombau und Spektrallinien*. Braunschweig: Vieweg-Verlag, 1919
- [2] Rompe, R.; Treder, H.-J.: *über die Einheit der exakten Wissenschaften* (WTB Band 279). Berlin: Akademie-Verlag, 1982. – S. 24
- [3] Scholz, G.; Vogelsang, K.: *Einheiten Formelzeichen Größen*. Leipzig: Fachbuchverlag, 1991
- [4] Goodman, M.: *Key Self-Organizing Systems*. In: Proc. ICASSE 94, International Conference on Applied Synergetics and Synergetic Engineering, Erlangen, 1994
- [5] Sommerfeld, A.: *Atombau und Spektrallinien*. Thun; Frankfurt am Main: Verl. Harri Deutsch, 1978. – S. 311
- [6] Eddington, A. S.: Proc. Roy. Soc. 122 (1928), S. 358
- [7] Grebe, B.: *Atome, Moleküle und die Quantentheorie*. In: raum&zeit 12 (1994) 67, S. 24-28
- [8] Kunz, M.: *Algorithmische Gemeinsamkeiten von mikro- und makroskopischen Mehrteilchensystemen mit relativistischen und quantenchemischen Aspekten*. Februar 1990, nicht veröffentlicht
- [9] Haußner, R.: *Abhandlungen über die regelmäßigen Sternkörper*. Leipzig: Verlag von W. Engelmann, 1906
- [10] Stinnes, W.-W., Obere Petersbach 2, 35708 Haiger 6: private Korrespondenz
- [11] Kunze, K.; Kunz, M.: *Stoßsimulation*. Eingereicht am 28.07.1991 zum Hochschulsoftwarewettbewerb der Akademischen Software Kooperation, Karlsruhe
- [12] Davies, P.: *Quantenphysik und Philosophie: Die Marionette tanzt, doch die Fäden sind nirgends zu sehen*. In: P. M. Peter Moosleitners interessantes Magazin 1994, Nr. 9, S. 21-26
- [13] Krause, R.; Kunz, M.; Spaarman, S.: Inf. z. Rational. 17 (1988), Nr. 2, S. 7, 69

- [14] Kunz, M.: *Analogie-Vorrichtung eines binären Informationsspeichers für Strahlenenergie-Umwandlung*. Schutzrecht DD 229234 A1. WP G09B/2688038 (1984-10-29)
- [15] Baig, M. H.; Seaton, M. J.: *On the principal series of helium*. In: J. Phys. B.: At. Mol. Phys. 17 (1984), L383-L387

Die Literatur wurde seit dem Gespräch teilweise aktualisiert.