

214 Weiße Zwerge, Teil 2: Erklärungsrituale

ZUSAMMENFASSUNG

Wenn die Weißen Zwerge im Schulunterricht behandelt werden, gibt man eine quantenmechanische Begründung dafür, dass der Stern nicht kollabiert. Nun ist der Grund dafür, dass er das nicht tut, derselbe wie der, dass die Erde nicht kollabiert. So entsteht der Eindruck, der Weiße Zwerg sei ohne Quantenmechanik nicht zu verstehen.

Gegenstand

Wenn ein Schulbuch etwas, aber nicht viel, zum Thema „Weißer Zwerg“ sagen will, sieht das etwa so aus:

„Ist die Masse des Sterns nicht größer als zwei Sonnenmassen, so wird ein weißer Zwerg mit einem Radius mit etwa 10^7 m entstehen. Der weiteren Verdichtung durch die Gravitation wirkt entgegen, dass das Pauliprinzip Protonen, Elektronen und Neutronen verbietet, gleichzeitig am selben Ort einen identischen Quantenzustand zu besitzen. Teilchen (in diesem Fall hauptsächlich Elektronen) wären gezwungen, höhere Energiezustände einzunehmen. Dieser Umstand wirkt einer weiteren Kompression entgegen. Man spricht von entarteter Materie.“

Manche Schulbücher machen es ausführlicher, etwa auf einer halben Seite, und verwenden dazu unter anderem die folgenden Begriffe:

- Potenzialtopf
- Quantisierung der Energie
- Boltzmann-Verteilung
- entartetes Elektronengas
- Fermionen
- Pauli-Prinzip
- Spineinstellung

Mängel

1. Das Ziel scheint in jedem Fall zu sein, zu erklären, warum der Weiße Zwerg nicht kollabiert. Nun ist der Grund dafür, dass er das nicht tut, derselbe wie der, dass die Erde nicht kollabiert oder dass feste und flüssige, also kondensierte Materie hart ist. Über den quantenmechanischen Grund dafür, dass kondensierte Materie auf der Erde nur schwer komprimierbar ist, verliert man gewöhnlich kein Wort. So entsteht der Eindruck: Der Weiße Zwerg ist etwas ungewöhnliches, schwieriges; er ist ohne Quantenmechanik nicht zu verstehen; die Physik, die wirksam ist, ist nicht dieselbe wie die auf der Erde.

2. Dabei hat der Weiße Zwerg eine interessante Eigenschaft, in der er sich sehr deutlich von den Objekten unserer irdischen Erfahrung unterscheidet, die aber keiner Bemerkung oder Begründung Wert zu sein scheint: Wenn man ihm Materie zuführt, so wird er nicht größer, sondern kleiner. Das hat weniger mit Quantenphysik zu tun, als mit der gewöhnlichen klassischen Gravitation.

Herkunft

Die Beschreibung wird aus der Fachliteratur bzw. dem Hochschulphysikbuch übernommen. Dort ist der Aufwand erforderlich, denn dort ist das Ziel, die Chandrasekar-Grenze zu berechnen. Dazu braucht man zwei Zutaten: Die Zustandsgleichung und das Gravitationsgesetz. Beides zusammen führt zu einer Differentialgleichung, der Lane-Emden-Gleichung, die nicht ganz leicht zu lösen ist. Nun kann man die Zustandsgleichung, die eigentlich recht einfach ist, da sie die Temperatur nicht enthält, und daher nur noch den Zusammenhang zwischen Druck und Massendichte beschreibt, nicht direkt messen, denn dazu brauchte man Drücke, die man in keinem Labor herstellen kann. Man muss sie also berechnen, und das erfordert den zitierten Aufwand.

Nun werden aber im Schulunterricht die quantenmechanischen Parafernalia aufgeföhren, obwohl die Zustandsgleichung dann weder berechnet noch angegeben wird. Das wäre wohl auch nicht gerade angebracht.

Es ist ein Beispiel dafür, wie die Schulphysik etwas aus der Fachphysik übernimmt, und dabei die Frage nach dem Lernziel aus den Augen verliert. Ohne die Frage zu stellen: Was von dem, was die Fachwissenschaft liefert, wollen wir zum Allgemeinbildungsgut erklären? So entsteht etwas, das man treffend als Lernritual bezeichnen könnte.

Entsorgung

Man erklärt als erstes, dass man feste Körper oder Flüssigkeiten beliebig komprimieren kann, wenn man nur den Druck genügend hoch macht – ein Sachverhalt, der nicht wirklich überraschend ist. Genügend hohe Drucke entstehen, wenn man einen kompakten Himmelskörper immer schwerer macht. Das geschieht bei manchen Weißen Zwergen: Sie bekommen nach und nach Materie von einem Partnerstern, mit dem sie ein Doppelsternsystem bilden.

Unsere normale Erfahrung ist nun: Wenn man auf einen Haufen Sand weiteren Sand schüttet, so wird der Haufen höher. Der Weiße Zwerg verhält sich anders. Wenn Materie hinzukommt, sackt die Materie zusammen. Sie nähert sich dem Zentrum, und dabei nimmt die Gravitationsfeldstärke, und damit die Gravitationskraft zu, und zwar so stark, dass der ganze Stern schrumpft. Beim Sandhaufen kann das nicht passieren, denn die Gravitationskraft kommt praktisch nur von der Erde. Der Sandhaufen und dessen Größe spielen für sie keine Rolle, da er klein ist gegen die Erde als Ganzes.

Abbildung 1 zeigt, wie der Radius eines Weißen Zwerges mit zunehmender Masse abnimmt, und wie der Stern schließlich sogar zusammenstürzt. Das Zusammenstürzen endet wenn die Atomkerne sich beröhren.

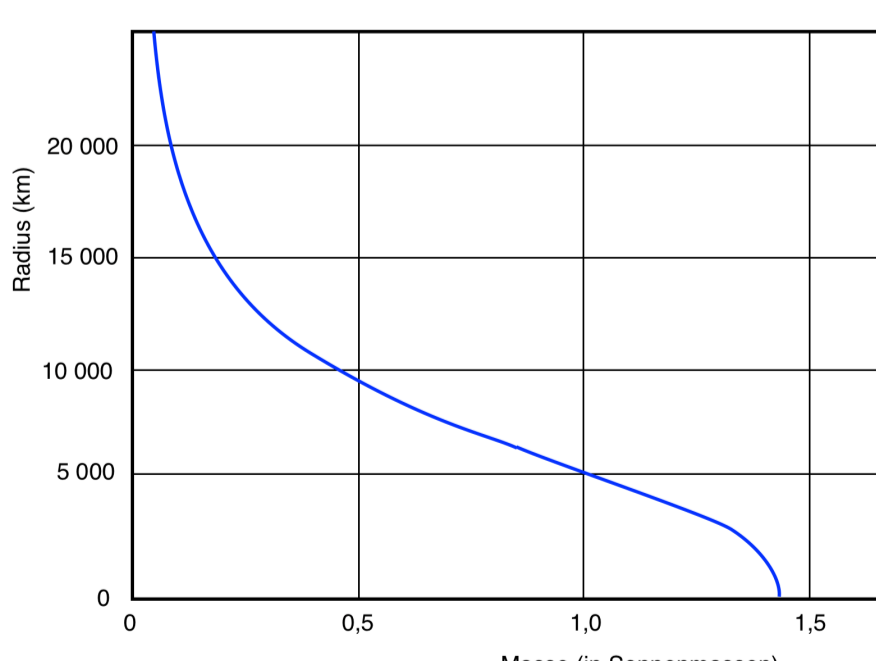


Abb. 1. Radius eines Weißen Zwerges als Funktion seiner Masse

Man kann es auch so sagen: Wenn der sonnenartige Stern zum Weißen Zwerg wird, kondensieren die Atome. Wenn der Weiße Zwerg zum Neutronenstern wird, kondensiert die Kernmaterie. Die Kernmaterie ist sehr viel härter als die des Weißen Zwerges (und der Erde).

Man kann auch erwähnen, dass das Verhalten im Einzelnen durch die Zustandsgleichung $\rho(p)$ bestimmt ist, d.h. einer Erweiterung des Hookeschen Gesetzes. Aber all das bitte ohne Pauli, Fermi & Co.