

213 Weiße Zwerge, Teil 1: Druck- oder Kräftegleichgewicht?

ZUSAMMENFASSUNG

Im Zusammenhang mit der Diskussion von weißen Zwergen wird oft ein Gleichgewicht angesprochen: manchmal ein Kräfte-, manchmal ein Druckgleichgewicht. Ein Gleichgewicht besteht immer zwischen (mindestens) zwei Teilsystemen. Es wird nicht klar, welches die Teilsysteme sind. Wer hält wem das Gleichgewicht? Warum stellt man die Diskussion bei weißen Zwergen an, und nicht etwa bei der Erde?

Gegenstand

„Die klassische Teilchenbewegung reicht nicht aus, um der Gravitation das Gleichgewicht zu halten.“

„In einem Hauptreihenstern erzeugt die thermische Energie $E_{\text{kin}} = (3/2)kT$ der von allen Elektronen entblößten Kerne einen Druck, der dem Gravitationsdruck standhalten kann.“

„Der vom entarteten Elektronengas erzeugte Druck p – es gilt $p = dE/dV$ – hält hier dem Gravitationsdruck das Gleichgewicht.“

„Die eingesperrten Elektronen üben eine Kraft nach außen aus, die der Gravitationskraft das Gleichgewicht hält.“

Mängel

Wahrscheinlich weiß jeder was gemeint ist. Schwierig wird es aber, wenn man versucht, die Aussagen in Einklang zu bringen mit dem, was einem aus dem Mechanikunterricht im Gedächtnis geblieben ist. Gehen wir ein Zitat nach dem anderen durch.

Die Bewegung hält der Gravitation das Gleichgewicht? Bei Gleichgewichten, egal ob thermisch, mechanisch oder chemisch, haben sich immer die Werte einer physikalischen Größe an zwei Teilsystemen angeglichen: zwei Temperaturen, zwei Kräfte,...

Aber hier: Welche Größe hat hier zweimal denselben Wert?

Dann: Die Bewegung ist ein Vorgang, die Gravitation eher eine Erscheinung. Wie können die sich das Gleichgewicht halten? Oder ist mit Gravitation die Gravitationskraft gemeint? Welches ist dann der Körper, auf den sie wirkt?

Zum zweiten Zitat: Die thermische Energie erzeugt einen Druck? Eine physikalische Größe erzeugt also eine andere. Kann vielleicht eine Geschwindigkeit auch mal eine Temperatur, oder Energie Impuls erzeugen? Es geht noch weiter: Der so erzeugte Druck hält dem Gravitationsdruck stand. Wie das? Ist er gleich groß, oder vielleicht gerade das Negative des Gravitationsdrucks? Aber wie auch immer, was ist denn mit dem Gravitationsdruck gemeint?

Im dritten Zitat hält der vom entarteten Elektronengas erzeugte Druck (Hoppla! Erzeugt das Gas einen eigenen Druck? Erzeugt die Luft auch den Luftdruck? Erzeugt sie vielleicht auch ihre eigene Temperatur? Naja, es war wohl einfach gemeint: der Druck des entarteten Elektronengases) hält dem Gravitationsdruck das Gleichgewicht. Ja, es scheint so gemeint zu sein, nicht Kräftegleichgewicht, sondern Druckgleichgewicht.

Im vierten Zitat lernen wir: Es sind tatsächlich Kräfte, die sich das Gleichgewicht halten. Aber ganz einfach ist es auch hier nicht: Die Elektronen üben eine Kraft nach außen aus, d.h. jedes Elektron übt...eine Kraft nach außen aus? Wirklich? Nach außen heißt doch: nach rechts und links, nach oben und unten, nach vorn und hinten. Das ist doch nicht *eine* Kraft, sondern mindestens sechs. Die Gravitationskraft scheint klarer zu sein, die kommt ja irgendwie aus dem Sterninnern, und zieht das Elektron nach unten. Es bleibt die Frage, wie die sechs Kräfte des Elektrons damit fertig werden.

Was machen nun die, für die diese Texte geschrieben sind? Ganz einfach: Man spricht im Bedarfsfall (in der Prüfung) das Unverständene einfach nach. Man hat sich ohnehin damit abgefunden, dass man die Physik nicht versteht.

Herkunft

Die Mechanik ist schwierig. Offenbar nicht nur für die Schülerinnen und Schüler.

Entsorgung

Zum Druckgleichgewicht: Man hat einen geschlossenen Zylinder (Abb. 1), in dem sich ein Kolben hin- und herbewegen kann. Wenn man den Kolben nicht festhält stellt er sich so ein, dass auf beiden Seiten derselbe Druck herrscht. Es stellt sich Druckgleichgewicht zwischen rechts und links ein.

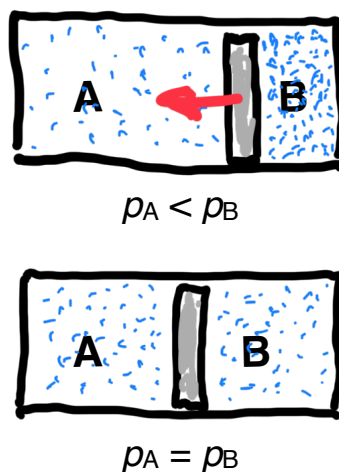


Abb. 1. Zwischen Teilsystem A und Teilsystem B stellt sich das Druckgleichgewicht ein.

Will man mit dem Druckgleichgewicht argumentieren, so muss mindestens das den Schülerinnen und Schülern bekannt sein. Dann kommt aber das Problem: Welches sind hier die beiden Behälter, deren Volumen sich ändern können? Also argumentiert man wohl lieber nicht mit dem Druckgleichgewicht.

Und zum Kräftegleichgewicht: Kräftegleichgewicht herrscht, wenn auf einen Körper zwei (oder mehr) Kräfte wirken, die sich zu null addieren. Im vorliegenden Fall könnte man die Kräfte auf eine Stoffportion in einem kleinen Raumbereich betrachten. Die eine davon ist die Gewichtskraft (Gravitationskraft), die andere berechnet sich aus der Druckdifferenz zwischen Ober- und Unterseite der Stoffportion, den Schülern längst bekannt als Auftriebskraft. Daran hätte man vielleicht erinnern können.

Wie wäre also die Entsorgung? Man kann es ordentlich machen, aber man überlege sich, ob es den Aufwand lohnt. Schließlich hätte man dieselbe Überlegung für das Innere der Erde anstellen können, aber das macht man natürlich nicht.