

184 Das Hertzsprung-Russell-Diagramm

ZUSAMMENFASSUNG

Das Hertzsprung-Russell-Diagramm wird in Oberstufenbüchern ausführlich behandelt. Aus heutiger Sicht würde man eine solche Darstellung als Rohdaten bezeichnen.

Gegenstand

Das Hertzsprung-Russell-Diagramm fehlt in keinem Schulbuch für die Sekundarstufe II. Ein Punkt in diesem Diagramm steht für einen Stern. Auf der Abszissenachse ist die Spektralklasse oder die Oberflächentemperatur des Sterns aufgetragen, auf der Ordinatenachse die Leuchtkraft.

Mängel

1. Die Bezeichnung der Achsen

Die Variable der Ordinatenachse wird mit Leuchtkraft bezeichnet. Nun ist die Leuchtkraft nichts anderes als der Energiestrom. Warum also ein neues Wort? Außerdem: Auch ohne die Leucht-Kraft gibt es genug „Kräfte“ in der Physik [1,2].

Die Abszissenvariable wird oft Spektralklasse genannt. Man hat den Eindruck, hier handele es sich gar nicht um eine Variable, und wenn doch, dann nicht um eine, die ein Kontinuum von Werten annehmen kann. Tatsächlich sind die Spektren von Sternen sehr komplex. Einerseits stimmen sie recht gut mit dem Spektrum eines Planckschen Strahlers überein. Andererseits weisen sie sowohl Absorptions- als auch Emissionslinien auf. Aus einem Bedürfnis, Ordnung in die große Mannigfaltigkeit von Spektren zu bringen, sind die Spektralklassen entstanden, deren Anzahl und Komplexität mit der Zeit immer mehr zugenommen hat. Man kann jedes Spektrum aber auch durch einen einzigen Zahlenwert charakterisieren: der Temperatur derjenigen Schwarzkörperstrahlung, die dem Spektrum des Sterns am nächsten kommt.

Für die Lernenden wäre es gewiss klarer, die Achsen des HR-Diagramms mit „Energiestrom“ und „Temperatur“ zu bezeichnen.

2. Die Wahl der Variablen

Noch bedenklicher ist aber die Wahl der Variablen: Energiestrom und Temperatur. Selbstverständlich korrelieren die beiden Größen. Nur: Was soll eigentlich zum Ausdruck gebracht werden? Normalerweise haben wir es in der Physik mit funktionalen, und nicht mit korrelativen Zusammenhängen zu tun. Oder grafisch gesprochen: mit Linien, und nicht mit Punktwolken. Die korrelativen Zusammenhänge mit ihren so genannten Streudiagrammen überlassen wir den Soziologen, Pädagogen und Wirtschaftswissenschaftlern.

Tatsächlich kann man in das Koordinatensystem des HR-Diagramms auch Linien einzeichnen, die einen funktionalen Zusammenhang beschreiben: Wenn man für die Geschichte eines einzelnen Sterns von seiner Entstehung bis zu seinem Ende den Energiestrom, der von ihm wegläuft, als Funktion seiner Oberflächentemperatur darstellt. Wie diese aussieht hängt im Wesentlichen von seiner Masse ab. Wir hätten also eine Funktionenschar mit der Masse als Parameter. Im HR-Diagramm dagegen tritt die Masse als Zufallsvariable auf.

Wenn man den Energiestrom für einen Stern als Funktion der Oberflächentemperatur darstellt, wird aber auch gleich offenbar, was man eigentlich falsch macht. Die Botschaft, die wir unseren Schülerinnen und Schülern mitgeben wollen, ist ja eine ganz andere: Jeder einzelne Stern durchläuft eine Entwicklung. Wenn wir im Unterricht, oder auch in der Vorlesung, die Sternentwicklung diskutieren, so fragen wir nach Funktionen der Zeit, und wenn wir in den Stern hineinschauen wollen, auch vom Ort (in Form des Abstandes vom Mittelpunkt des Sterns). Also etwa: Wie hängt die Temperatur an der Oberfläche des Sterns (also an einem festen Ort r) von der Zeit ab, oder auch: Wie hängt der Gesamtenergiestrom nach außen von der Zeit ab.

Herkunft

Eine Klassifizierung der Sterne war schon in hellenistischer Zeit vorgenommen worden. Den Anfang einer Physik der Sterne, also der Astrophysik, wird man aber eher ins 18. Jahrhundert legen. Man entdeckte, dass die Sterne nicht ruhen, wie man früher angenommen hatte, man schaffte es um die Mitte des 19. Jahrhunderts, die Entfernungen der uns am nächsten liegenden Sterne zu messen und konnte dadurch die absolute Helligkeit von Sternen bestimmen. Und schließlich entdeckte man auch die Korrelation zwischen absoluter Helligkeit und dem Spektrum der Sterne. Die Frage nach der Energiequelle war verbunden mit der Vorstellung, dass Sterne eine Entwicklung durchmachen, aber zunächst konnte man diese Frage noch nicht beantworten. Die Korrelation, die im Hertzsprung-Russell-Diagramm zum Ausdruck kommt, war eine der wenigen beobachtbaren Erscheinungen der damaligen Zeit. Aus heutiger Sicht würde man diesen Zusammenhang aber eher in die Kategorie „Rohdaten“ einordnen, denn was physikalisch eigentlich interessiert, ist die zeitliche Entwicklung eines einzelnen Sterns.

Ein Grund für die Persistenz des HR-Diagramms ist gewiss auch, dass es einen eigenen Namen trägt. Wenn es einen Namen hat, so muss es ja wohl wichtig sein, und Hertzsprung und Russell müssen bedeutende Forscher gewesen sein. Also kein Zweifel: Das HR-Diagramm ist Allgemeinbildungsgut. Oder? Was erfährt man denn aber von den zahlreichen anderen Forschern, die in dieser Anfangsphase der Astrophysik wichtige Beiträge geleistet haben? Wer hat die Bewegung der Sterne entdeckt? Wer hat die erste Entfernung eines Sterns gemessen? Und schließlich die wohl wichtigste Frage in diesem Zusammenhang: Wer hatte die Idee, dass die Energiequelle der Sterne eine Kernreaktion sein muss?

Also wieder ein typisches Beispiel für das allgemeine Thema unserer Kolumne. Auf Grund historischer Gegebenheiten, entstand zunächst ein umständliches, undurchsichtiges Streudiagramm; nur ein Jahrzehnt später konnte es gedeutet werden und hätte eigentlich durch eine transparentere Darstellung ersetzt werden können, aber die ursprüngliche Darstellung hat überlebt.

Entsorgung

Man diskutiert die Sternentwicklung für einen typischen sonnenartigen Stern, der als weißer Zwerg endet; außerdem einen, der als Neutronenstern und einen, der als schwarzes Loch endet. Das Hertzsprung-Russell-Diagramm braucht man dazu nicht.

[1] Altlast 21:

[Namen physikalischer Größen in Zusammensetzungen](#)

[2] Altlasten der Physik, Band 2, 5.9

[Kraftübertragung, Drehmomentübertragung und Leistungsübertragung](#)