

223 Die Funktionsweise der Sonne

ZUSAMMENFASSUNG

In Schulbüchern werden gewöhnlich zu viele, eher unwichtige Details der Sonne diskutiert, während näher liegende Fragen nicht beantwortet werden, etwa: Warum läuft die Fusionsreaktion so langsam, oder warum explodiert die Sonne nicht wie eine Wasserstoffbombe?

Gegenstand

Leuchtkraft, Strahlungsleistung, Photosphäre, Fraunhoferlinien, differenzielle Rotation, Granulation, Chromosphäre, Korona, Fackeln, Sonnenwind, Sonnenaktivität, Sonnenflecke, Fackeln, Protuberanzen, chromosphärische Eruptionen, Elektron-, Myon- und Tauon-Neutrinos, Perchlorethylen, CNO-Zyklus, Proton-Proton-Zyklus, Bethe-Weizsäcker-Zyklus, Zentralgebiet, Strahlungstransportgebiet, Wasserstoffkonvektionszone und andere Dinge und Erscheinungen werden in Fachbüchern zur Physik der Sonne eingeführt und besprochen. Aber nicht nur dort. Ich habe sie alle auch in Schulbüchern gefunden. Gesucht hatte ich eigentlich etwas anderes.

Mängel

Es wird zu viel Unwichtiges erzählt, und gleichzeitig zu wenig über die Funktionsweise der Sonne.

Für die Auswahl der Inhalte meines Unterrichts, habe ich immer versucht, das folgende Kriterium zu berücksichtigen: Was würde ich mir wünschen, das die Schüler noch wissen, wenn sie 50 %, oder 90 % oder gar 99% dessen, was im Unterricht behandelt wurde, vergessen haben? Wenn man sich das überlegt hat, so hat man auch eine Antwort auf die Frage: Was kann ich zu dem Thema sagen, wenn ich nicht mehr als eine oder zwei Unterrichtsstunden dafür opfern kann?

Ein Beispiel: Erwarte ich wirklich, dass meine Schülerinnen und Schüler den Bethe-Weizsäcker- und den CNO-Zyklus aufsagen können? Oder müssen sie vielleicht wenigstens die beiden Namen der Reaktionen wissen? Ein Vergleich mit der Chemie ist hilfreich: Hier käme niemand auf die Idee, die Verbrennung von Kohlenwasserstoffen (etwa Octan oder Benzol) in eine Folge von x Zwischenreaktionen zu zerlegen.

Mir ist auch aufgefallen, dass im Zusammenhang mit der Sonne Phänomene diskutiert, oder auch nur geschildert werden, die ebenso auf oder in der Erde auftreten, hier aber nicht angesprochen werden. So wird über Einzelheiten des Sonnenmagnetismus berichtet. Über die Funktionsweise des Geodynamos dagegen fällt kein Wort. Der Energietransport nach außen wird beschrieben: innen durch Streuung von Photonen, außen konvektiv. Dieselben Erscheinungen könnte man an Hand der Erdatmosphäre diskutieren, und sie wären dort in der Tat ein lohnendes Thema.

Mein Eindruck ist: Was die Verlage als Physikschulbuch verkaufen, gleicht eher einem Nachschlagewerk. Es drängt sich auch die Frage auf: Weiß überhaupt jeder der 10 oder 15 Autoren all das, was die jeweils anderen 9 oder 14 geschrieben haben? Ja, ist es nicht verdächtig, dass Physikschulbücher (ebenso wie Chemiebücher) deutlich mehr Autoren haben als etwa Französisch- oder Englisch-Lehrbücher?

Nun wird, meiner Meinung nach, nicht nur zu viel über die Sonne erzählt, sondern auch zu wenig. Hier zwei Fragen, die jemand, der überhaupt an dem Thema interessiert ist, gewiss stellen könnte:

- Wenn in der Sonne dieselbe Reaktion abläuft wie in einer Wasserstoffbombe, warum explodiert die Sonne nicht?
- Wenn die Sonne im Wesentlichen aus Wasserstoff und Helium besteht, warum ist ihr Spektrum nicht ein Helium-Wasserstoff-Linienspektrum?

Herkunft

Es wird, wie so oft bei einem unzureichend elementarisierten Thema, im Unterricht alles abgeladen, was sich im Laufe der Zeit in der Fachliteratur angesammelt hat. Natürlich war die Entdeckung der Kernreaktionszyklen wichtig. Sie zeigte, dass die Vorstellung des nuklearen Ursprungs der Energie korrekt ist. Das war damals, d.h. vor etwa 100 Jahren, ein großes Problem. Aber nachdem wir es wissen, genügt es doch zu sagen: Ja, es ist die Umwandlung von Wasserstoff in Helium, die die Energie liefert.

Entsorgung

Hier ist nicht der Platz, einen Unterrichtsgang zu beschreiben. Stattdessen nur ein Vorschlag für interessante Themen, etwa in der Reihenfolge ihrer Wichtigkeit.

1. Einige Daten der Sonne, darunter auch die Massendichte als Funktion des Radius (90 % der Sonnenmasse befinden sich innerhalb des halben Abstands zum Zentrum.)
2. Die Energie kommt aus einer Reaktion von Wasserstoff zu Helium (nur die Nettoreaktion).
3. Die Sonne wird bei Wärmezufuhr größer und kälter (also nicht wärmer). Damit existiert eine negative Rückkopplung, sodass die Kernreaktion sehr langsam und sehr stabil abläuft. (Man diskutiert die Ursache dieser negativen Rückkopplung.)
4. Der Energietransport im Innern ist konduktiv (die Trägerteilchen sind Photonen), außen konvektiv. Das Innere ist analog zu einer stabilen Schichtung der Erdatmosphäre, bei der ein Energietransport nach außen diffusiv mit Infrarotphotonen geschieht. Das Äußere entspricht einer instabilen Schichtung der Atmosphäre.
5. Alle Materie wird undurchsichtig, wenn die Schicht nur hinreichend dick ist (Ursache diskutieren). Im äußeren Bereich der Sonne ist diese Schicht etwa 500 km dick. Das ist im Vergleich zum Durchmesser sehr wenig. Daher hat die Sonne von uns aus gesehen einen scharfen Rand und darum strahlt sie wie ein schwarzer Körper.