



Michael Steffen,
Spektroskopie der Sonne

Artikel erschienen im
Journal für Astronomie Nr. 11,
Vereinszeitschrift der [Vereinigung der Sternfreunde e.V. \(VdS\)](#).

Bereitgestellt durch die [VdS-Fachgruppe Spektroskopie](#).

Referenz:
M. Steffen, VdS-Journal Nr. 11 (2003) 92f

Spektroskopie der Sonne

von Michael Steffen

Aus der Kenntnis der chemischen Zusammensetzung der Sterne ließen sich ihre Entwicklungsphasen und mit diesen Informationen die Evolution der Galaxien und des Universums herleiten. Grundlegende Arbeit dazu war und ist die Aufnahme und Interpretation von Sternspektren. Für mich bestand nun der Reiz darin, diese Informationsmöglichkeit selber nachzuvollziehen wobei sich für diesen Versuch naturgemäß die Sonne als Übungsobjekt anbietet. Der maßgebliche Vorteil liegt dabei in ihrer immensen Lichtfülle und außerdem ist sie das ganze Jahr über beobachtbar.

Aufnahme der Spektren

Als Spektroskop (Abb. 1) wurde ein ausgerangiertes Atomabsorptionsspektrometer so umgebaut, dass mit einem – ein Reflexionsgitter mit 70 mm Kantenlänge und 1.800 Linien/mm, kann mit einem digitalen Zählwerk mechanisch gedreht werden. Als Lichteinführungssystem wurde ein Bündel vier übereinander positionierter Lichtleiter (Durchmesser 1 mm) verwendet und ermöglicht parallel zum Spektrum der Sonne die Aufnahme von drei Referenzspektren (z. B. Quecksilber, Argon und Neon; Spektralbereich 380-800 nm) zur Wellenlängenkalibration. Es leuchtet ein, dass dieses einfache optische Design bei Verwendung eines 0,1-mm-Spaltens nur die Sonne als Beobachtungsobjekt zulässt. Die Bearbeitung und Auswertung der Spektren soll am Beispiel eines Spektrenausschnittes zwischen 380 und 430 nm dargestellt werden.

Die Strahlung aus dem Inneren der Sonne bewirkt, dass die Elektronen der Atome in der Photosphäre Energie und damit Strahlung einer definierten Wellenlänge aufnehmen (absorbieren) um kurzzeitig auf höhere Energieniveaus zu gelangen. Diese „Strahlungsmenge“ fehlt dann im Gesamtspektrum und zeigt sich als dunkle (Fraunhofer-)Linien bei der entsprechenden Wellenlänge. Da es sich bei den Referenzlichtquellen um „Direktstrahler“ ohne umgebende Gashölle handelt, wird nur Strahlung beobachtet, die von den Elektronen abgegeben (emittiert) wird, wenn diese von einem höheren Niveau wieder auf ihr ursprüngliches zurückfallen.

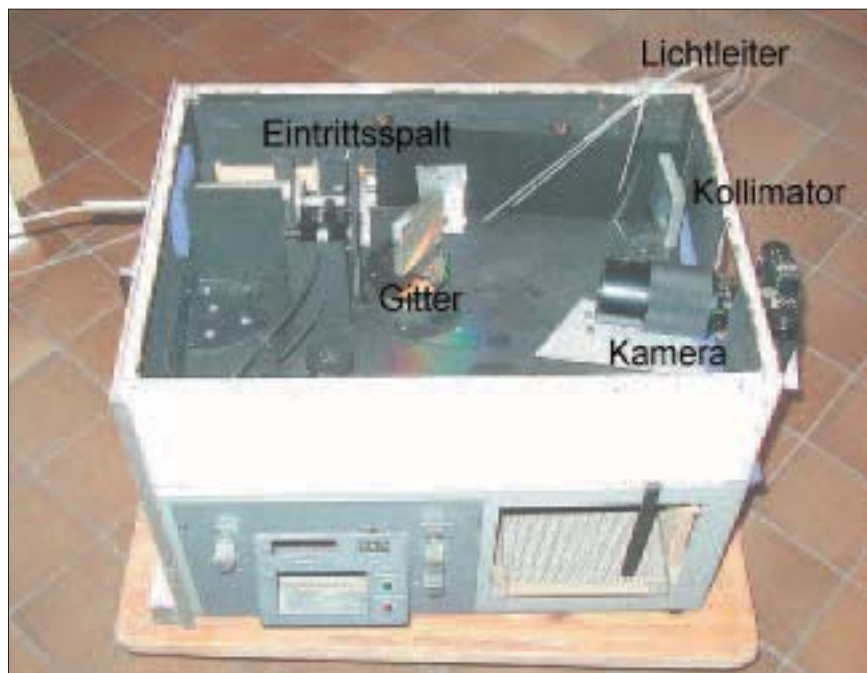


Abb. 1:
Das umgebaute Atomabsorptionsspektrometer

Bearbeitung und Auswertung der Spektren

Die Spektrennegative wurden eingescannt und auf Photo-CD gebracht (Abb. 2). Mittels Bildbearbeitungsprogramm ließ sich die Intensitätsverteilung des Spektrums auslesen und mit EXCEL weiterverarbeiten.

Im Gegensatz zu reinen Elementspektren ohne Kontinuum führt das Sonnenspektrum zu einem bogenförmigen Kontinuumverlauf (verursacht durch Übertragungsfunktionen der Erdatmosphäre, des Teleskops, des Spektrographen und der spektralen Empfindlichkeitsfunktion des Films), der absolut nichts mit dem wahren Kontinuum gemein hat, und deshalb bereinigt bzw. auf 1 normiert wird. Eine solche Kontinuumsnormierung ist mit dem Spektrenbearbeitungsprogramm MK [1] bequem durchzuführen. Mit den bekannten Wellenlängen der Elemente der Referenzlichtquellen lässt sich anschließend die Wellenlängenskala aufstel-

len bzw. das gewonnene und normierte Spektrum nach Wellenlängen skalieren (Abb. 3).

Zur Auswertung eines Spektrums gehört natürlich eine Elementezuordnung zu den beobachteten Linien. Eine Möglichkeit wäre etwa die Zuhilfenahme geeigneter Tabellenwerke, eine andere und didaktisch reizvollere, die Zuordnung in selbstberechneten, synthetischen Spektren vorzunehmen.

Dazu wurde mit dem Programm SPEKTRUM [2] ein Sternspektrum nach dem Sternatmosphären-Modell von Kurucz [3] berechnet. Für die Sonne (als G-Stern) wurden als physikalische Parameter eine effektive Oberflächentemperatur von 5.770 K und eine Schwerebeschleunigung von $\log(g) = 4,4$ vorgeschlagen. Von einem Stern wird das Profil der Absorptionslinien durch turbulente Bewegungen auf seiner Oberfläche nur innerhalb der optischen Tiefe der Gasoberflächenschicht beeinflusst, wes-

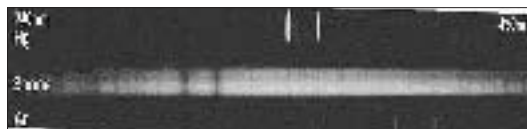


Abb. 2:
Ausschnitt aus dem Spektrum der Sonne mit Referenzspektren von Quecksilber und Argon

halb man hier von Mikroturbulenz spricht. Sie wird im Sternatmosphärenmodell mit einem Wert von 2 km berücksichtigt. Ein mit diesen Parametern berechnetes Spektrum zeigt Abbildung 4. Die gute Übereinstimmung in der relativen Linien- und Intensitätsabfolge zum beobachteten Spektrum in Abbildung 3 ist deutlich zu erkennen.

Die Elementhäufigkeiten in Sternatmosphären wird in logarithmischem Maßstab bezogen auf Wasserstoff $\log(H) = 12$ angegeben. Zur Modifizierung wurde die dem Kurucz-Modell zugrunde liegende Häufigkeit der Elemente Kalzium, Eisen und Strontium auf $\log = 0,01$ herabgesetzt. In Abbildung 5 sind am Beispiel von Kalzium das ursprünglich berechnete (schwarz) aus Abbildung 4 und das „herabgesetzte“ Spektrum (rot) übereinandergelegt.

Deutlich sind durch diese Überlagerung die Kalziumlinien zu identifizieren. Dieses Verfahren auch auf die Elemente Eisen und Strontium angewendet, führte zu einer fast vollständigen Zuordnung der beobachteten Linien in Abbildung 6.

Oberhalb des Spektrums sind zusätzlich die Fraunhoferschen Kurzbezeichnungen mit angegeben. Die Linien Sr (407,7 nm) und Fe (414,4 nm) sind wegen ihrer besonderen Bedeutung als Klassifikationskriterium hervorgehoben. So dient das Linienstärkenverhältnis von Sr 407,7 / Fe 406,3 und Sr 407,7 / Ca 422,7 als Kriterium zur Einordnung der Sterne in die Leuchtkraftklassen I - V des Yerkes-Systems. Das Linienstärkenverhältnis von Fe 414,4 / H δ 410,2 dagegen ist ein wichtiges Kriterium zur Festlegung der Harvard-Unterkategorie innerhalb der Spektralklasse G, zu der auch die Sonne gehört.

Literaturhinweise

[1] Gray, R.O.:

<ftp://am.appstate.edu/pub/prog/grayro>

[2] Gray, R.O.: <ftp://am.appstate.edu/pub/prog/grayro>

[3] Kurucz, R.L., 1979: *Modell Atmospheres for G, F, A, B and O Stars, Astrophys. J. Suppl. Ser. 40; 1*

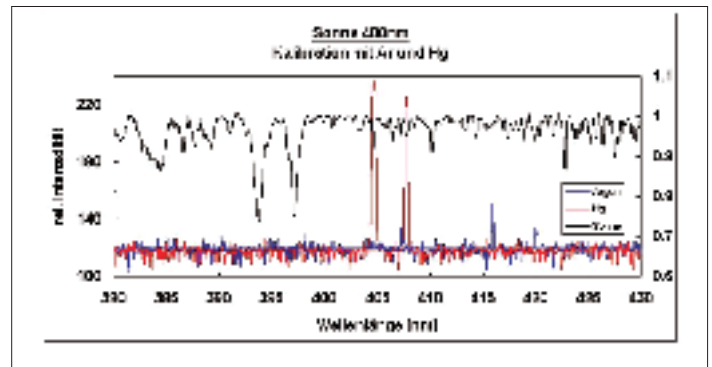


Abb. 3:
Sonnenspektrum nach der Normierung des Kontinuums und Wellenlängenzuordnung.

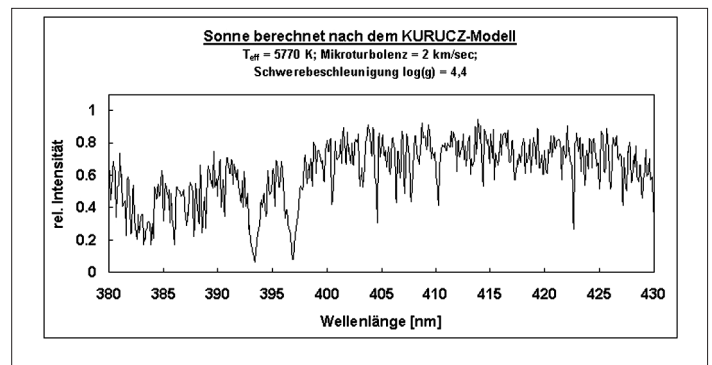


Abb. 4:
Synthetisches Spektrum eines G-Sterns (Sonne) nach Kurucz [3]

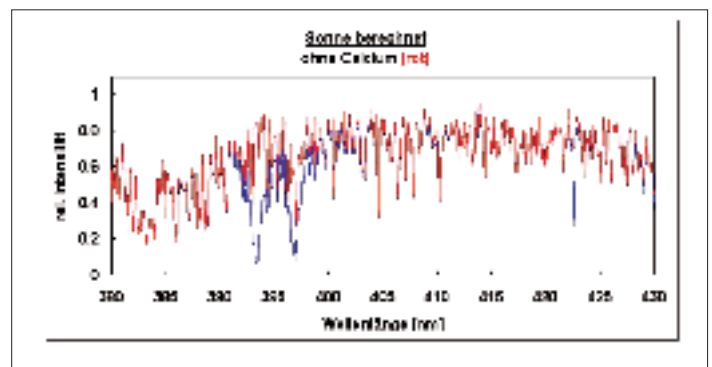


Abb. 5:
Spektrenausschnitt mit (schwarz) und ohne (rot) Berücksichtigung von Kalzium

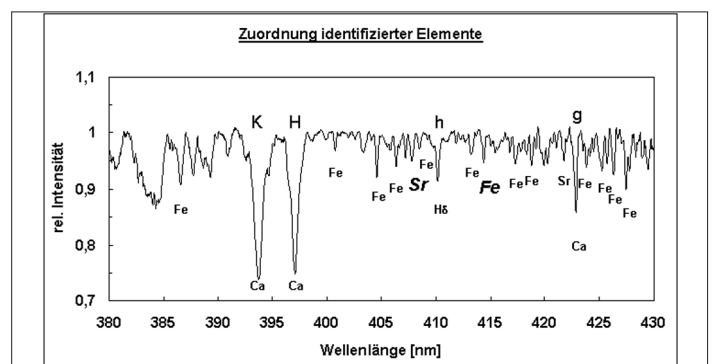


Abb. 6:
Identifikation der Elemente H, Ca, Fe und Sr im Sonnenspektrum aus Abbildung 4