



Doctoral Thesis

Die Asymmetrie des H- α -Absorptionskoeffizienten und die Entstehungshöhe von H- α in der Sonnenatmosphäre

Author(s):

Zelenka, Antoine

Publication Date:

1974

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000085449> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. Nr. 5218

**Die Asymmetrie des H_{α} -Absorptionskoeffizienten und
die Entstehungshöhe von H_{α} in der Sonnenatmosphäre**

ABHANDLUNG

zur Erlangung
des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften
der
**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH**

vorgelegt von

ANTOINE ZELENKA
Dipl. Physiker ETH
geboren am 25. Dezember 1941
Österreichischer Staatsangehöriger

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. M. Waldmeier, Referent
Prof. Dr. K. Dressler, Korreferent

Juris Druck + Verlag Zürich
1974

Zusammenfassung

Die Feinstrukturaufspaltung führt beim H_{α} -Uebergang zu einem Abstand von 0.14 \AA zwischen den intensivsten, und zu einem solchen von 0.20 zwischen den extremen Komponenten. Diese Werte sind mit der Dopplerbreite $\Delta\lambda_D$ in den Entstehungsschichten des solaren H_{α} -Profils vergleichbar. In der Berechnung des Linienabsorptionskoeffizienten sollte deshalb die Starkaufspaltung im quasi-statischen Ionenfeld erst dann verwendet werden, wenn sie die Feinstrukturaufspaltung überwiegt. Es wird eine Darstellung vorgeschlagen, welche die bei grossen Ionendichten (starke Felder am wahrscheinlichsten) gültigen Holtsmarkprofile, für kleine Ionendichten (schwache Felder am wahrscheinlichsten) in die Feinstrukturprofile gleichmässig überführt. Diese Darstellung ist in ihrem Anwendungsbereich auf die Behandlungsweise des Elektronenstossbeitrags zum linearen Starkeffekt unempfindlich, weil dieser von der Resonanzdämpfung übertroffen wird. Es wird auch versuchsweise, anstelle von der Feinstruktur allein, die Starkaufspaltung für schwache Felder einbezogen. Beide Varianten liefern einen asymmetrischen Absorptionskoeffizienten. Bei der Behandlung der Feinstrukturaufspaltung werden, analog der üblichen Behandlung der Starkaufspaltung, die relativen Besetzungszahlen der einzelnen Niveaus innerhalb einer Konfiguration entsprechend ihrem Entartungsgrad angenommen. Für die Berechtigung dieser Annahme sorgen die grossen stossinduzierten Term-Term Uebergangsraten. Bei der Berechnung der optischen Tiefen genügt es damit auch, nur die Teilchenzahl-dichten der Konfigurationen zu bestimmen.

Soll die Wirkung der vorgeschlagenen Absorptionskoeffizienten auf berechnete H_{α} -Profile in der Sonnenatmosphäre geprüft werden, so müssen, weil die H_{α} -Spektrallinie nicht unter der Bedingung des lokalen thermodynamischen Gleichgewichts (LTE) entsteht, spezielle Methoden zur Anwendung gelangen. Es werden die gekoppelten Strahlungsströmungsgleichung für H_{α} und Gleichungen des stationären Zustandes für ein Modell-Wasserstoffatom, bestehend aus den drei ersten Konfigurationen und des Kon-

tinuums, simultan gelöst. Dazu wird die Feautrier-Methode angewandt. Zum Aufbau der Modellatmosphäre werden die HSRA Temperaturverteilung und der HSRA Anfangswert für den Druck herangezogen. Nach jeder Iteration zwischen Strahlungsfeld und Besetzungszahlen wird die Gleichung des hydrostatischen Gleichgewichts neu integriert. Die Selbstkonsistenz der Lösung wird auf H_α allein beschränkt, indem sämtliche Lyman-Strahlungsübergänge als mikroreversibel angesetzt werden (was zur unkorrekten Behandlung des Lyman-Kontinuums führt) und die übrigen Kontinua in LTE behandelt werden. Der letztere Vorgang ist bei der Berechnung der Photoionisationsraten aus $n = 3$ und für das Kontinuum bei H_α wegen der Vorherrschaft der H^- - Opazität in den massgebenden Wellenlängen berechtigt, und bei der Berechnung der Photoionisationen aus $n = 2$ bildet er, wegen dem unumgänglichen Einschluss der Linienabsorption, den einzigen traktablen Ansatz.

Im Rahmen des gewählten Atmosphärenmodells stimmen die berechneten Profile besser mit den Messungen überein, als diejenigen Profile, welche sich aus dem bisher verwendeten Absorptionskoeffizienten ergeben. Neu ist ihre Asymmetrie (rote Profilflanke heller als die blaue) welche aber mit der Messgenauigkeit vergleichbar bleibt. Die Entstehungshöhen sind für beide Profilseiten praktisch gleich.

Abstract

The fine structure splitting of the H_α transition array results in a 0.14 \AA separation between the most intensive, and in a 0.20 \AA separation between the extreme components. These values are comparable with the Doppler width $\Delta\lambda_D$ representative of the layers where the solar H_α profile originates. Thus, in calculating the line absorption coefficient, one should not use the commonly considered Stark splitting, which is due to the quasi-static ion field, before it grows larger than the fine structure splitting. A representation is proposed which drives the Holtmark profiles (valid at high ionic densities, i. e., for large probability of strong fields)

smoothly toward the fine structure profiles (valid at low ionic densities, i. e., for large probability of weak fields). In our application, the presence of the very effective resonance damping makes this proposed representation insensitive to the way in which the electron contribution to the linear Stark effect is treated. An attempt is also made to substitute the Stark splitting in weak fields for pure fine structure splitting. Both variants yield an asymmetric absorption coefficient. In analogy with the treatment of the Stark splitting, one assumes for the fine structure splitting, that the levels in a configuration are populated according to their degree of degeneracy. This assumption is justified by the high rates of collisionally-induced transitions between the terms involved; in addition it allows to calculate optical depths by determining the particle densities in the configurations only.

We test the new absorption coefficients by computing H_{α} profiles for the solar atmosphere. Here, we have to consider the non-LTE conditions that govern the formation of the H_{α} line. This is done by simultaneously solving the coupled equation of transfer for H_{α} and steady-state equations for a model hydrogen atom consisting of the three first configurations and of the continuum. Solutions are obtained by use of the Feautrier-method. The temperature distribution and the initial value for the pressure are assumed to be those of the HSRA. The equation of hydrostatic equilibrium is integrated after each iteration between radiation field and level populations. The self-consistency of the solutions is achieved for H_{α} alone, because all the Lyman radiative transitions are taken to be in detailed balance. This leads to an incorrect treatment of the Lyman continuum. All other continua are taken to be in LTE. Given the predominance of the H^{-} opacity at the wavelengths considered, this procedure is justified when computing the photoionisation rates from $n = 3$ and the continuum near H_{α} ; it is less accurate when computing the photoionisation rates from $n = 2$ but is nevertheless a necessity since there exist no other tractable form when line absorption is included to the continuous opacity.

Within the limits of the chosen atmospheric model, the computed profiles agree better with the measurements than do those based on hitherto-used absorption coefficients. But the asymmetry of the profiles, which is their new characteristic, is comparable with the precision of available measurements. Although the red core-slope is found to be slightly brighter than the blue one, the radiation originates in practically the same heights for both sides of the line.