



Jean-Marie Will,  
**Reduktion von Sternspektren**

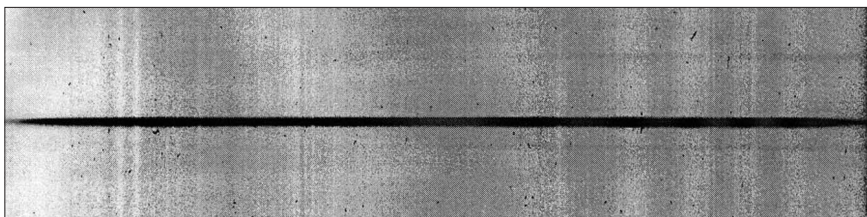
Artikel erschienen im  
Journal für Astronomie Nr. 11,  
Vereinszeitschrift der [Vereinigung der Sternfreunde e.V. \(VdS\)](#).

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

Referenz:  
J.-M. Will, VdS-Journal Nr. 11 (2003) 94f

# Reduktion von Sternspektren

von Jean-Marie Will



**Abb. 1:**  
CCD-Rohspektrum des Sterns PG0909+164. Der überdeckte Wellenlängenbereich reicht von 3.676 (links) bis 5.530 nm (rechts).

Das prinzipielle Problem bei der Bearbeitung und Auswertung von Sternspektren ist, dass jeder Detektor (ob CCD, Film oder Fotoplatte) und jeder Spektrograph (Gitter, Prisma, Multiobjekt-Feldspektrograph, usw.) seine eigenen Charakteristiken besitzt, die im Verlauf der Datenreduktion berücksichtigt bzw. korrigiert werden müssen. Das beste Beispiel dafür ist die Nichtlinearität der Schwärzungskurven von Film und Photoplatte.

Es werden Beispiele beschrieben, wie die Reduktion spektroskopischer Daten prinzipiell abläuft. Für den jeweiligen individuellen Einzelfall kann es jedoch sein, dass noch zusätzliche Eigenschaften des verwendeten Spektrographen zu korrigieren wären.

## Erzeugung des digitalen Rohbildes

Wird ein (fotografisches) Rohspektrum (vom Film) gescannt, so sollte nicht nur ein eindimensionales Bild (= Linie entlang des Spektrums) gescannt werden, sondern auch ein größerer Bereich daneben, um auf diese Weise ein zweidimensionales Bild bzw. mehrere eindimensionale Linien zu erzeugen.

Die x-Achse des gescannten Bildes ist die Wellenlängenachse, die y-Achse läuft entlang des Spektrographenspaltes über den Nachthimmel. Für den Fall, dass kein Spaltspektrograph verwendet und direkt der Himmel auf dem Gitter oder Prisma abgebildet wurde, sollte zur Subtraktion des Nachthimmels vom Spektrum prinzipiell genau so vorgegangen werden wie hier beschrieben. Ich steige gleich dort ein, wo die Zuordnung von Bildelement entlang der Wellenlängenachse und Wellenlänge bereits geschehen ist.

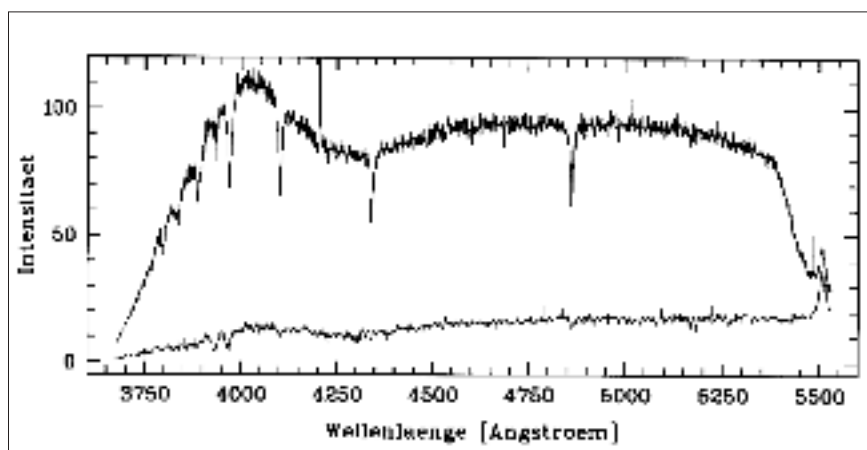
Als Beispiel zeigt Abbildung 1 ein CCD-

auf keine stellaren Linien zu erkennen. Vielmehr habe ich versucht, die Strukturen neben dem Spektrum deutlich werden zu lassen. Die hellen und dunklen Streifen dort sind Absorptions- und Emissionslinien im Licht des Nachthimmels.

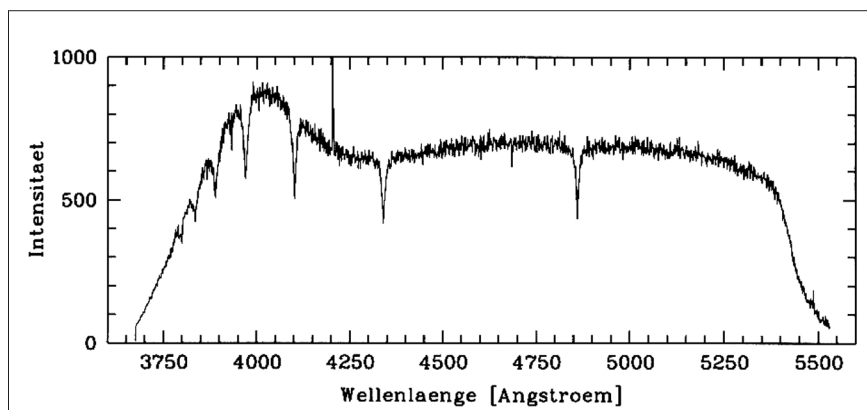
## Modellierung des Nachthimmels

Die Linien des Nachthimmels verlaufen nicht nur im Bereich neben dem Sternspektrum, sondern auch über dieses hinweg. Ohne Korrektur würden somit dort Linien vorgetäuscht werden, die gar nicht vom Stern her rühren. Dieses wird nochmals in Abbildung 2 deutlich. An dem Schnitt über den Himmelshintergrund sieht man deutlich, dass die Intensität nicht bei Null liegt und dass es sowohl

Spektrum des Sterns PG0909+164. Die Wellenlängenachse (x-Achse) läuft von 3.676 nm (links) bis 5.530 nm (rechts). Das Spektrum des Sterns ist die dunkle Linie in der Mitte. In dieser Darstellung sind dar-



**Abb. 2:**  
Schnitte durch das Rohspektrum in Abbildung 1. Die obere Linie ist ein Schnitt gemittelt über 8 mittige Zeilen des Spektrums. Die untere Linie ist ein Schnitt gemittelt über 90 Zeilen des Himmelshintergrundes. Der helle Peak bei 420 nm ist ein sog. „Cosmic“ (Durchgang eines Teilchens der Höhenstrahlung durch das CCD, diese müssen normalerweise auch noch korrigiert werden).



**Abb. 3:**  
Ergebnis der Extraktion des Sternspektrums aus der Summe von Nachthimmelsspektrum und Sternspektrum

Absorptionslinien (z. B. bei 3.950 nm) als auch Emissionslinien (z. B. bei 5.500 nm) gibt.

Die Information über das Spektrum des Nachthimmels benötigt man einerseits, um Nachhimmelslinien aus dem Sternspektrum zu entfernen und andererseits, um den Nullpunkt der Intensitätsskala festzulegen. Dazu passt man an jede Spalte senkrecht zu dem Sternspektrum eine Funktion geeigneten Grades an (i. A. Polynom 2. oder 3. Ordnung; wenn der Himmel sehr flach ist, kann man auch mit einer Geraden auskommen). Dabei lässt man aber die Datenpunkte auf und in unmittelbarer Nähe des Sternspektrums für den Fit aus. Auf diese Weise modelliert man den Verlauf der Himmelshelligkeit bei jeder Wellenlänge, und erhält somit ein zweidimensionales Bild des Himmelsspektrums. Dieses wird dann vom Rohbild subtrahiert. Danach sollte die Zählrate ober- und unter-

halb des Sternspektrums um Null schwanken.

Um die Nachhimmelslinien zu verdeutlichen, ist in Abbildung 2 einfach über einige Reihen im Spektrum gemittelt. I. a. reicht es nicht, solch ein gemittelttes Spektrum des Nachthimmels einfach vom Sternspektrum abzuziehen, da die Himmelshelligkeit normalerweise entlang des Spektrographenspaltes, also in Abbildung 1 von oben nach unten, variiert. Damit würde an der Stelle des Sternspektrums eine falsche Himmelshelligkeit subtrahiert. Allerdings ist das natürlich immer eine Frage der gewünschten Genauigkeit.

#### Extraktion des Sternspektrums

Um aus dem zweidimensionalen Bild ein eindimensionales Spektrum zu erzeugen, kann man einfach die Zeile mit der höchsten Intensität extrahieren. Etwas besser ist es, mehrere Zeilen herauszunehmen und

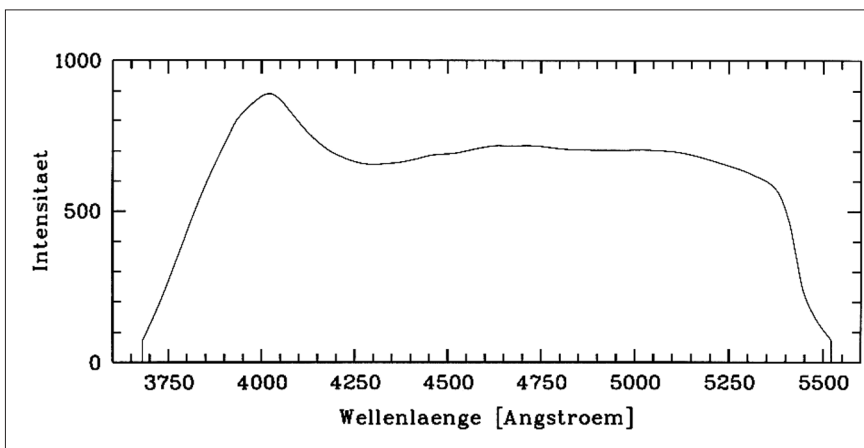
diese, mit ihrer Intensität gewichtet, zu mitteln oder einfach aufzuaddieren. Damit unterdrückt man das Rauschen im Spektrum, da Informationen aus einem größeren Bereich des Filmes verwendet werden. Das setzt aber voraus, dass das Spektrum auf genügend Zeilen verteilt war, bzw. die Auflösung des Scanners genügend groß war. Das Ergebnis einer solchen Extraktion ist in der Abbildung 3 gezeigt.

#### Normierung

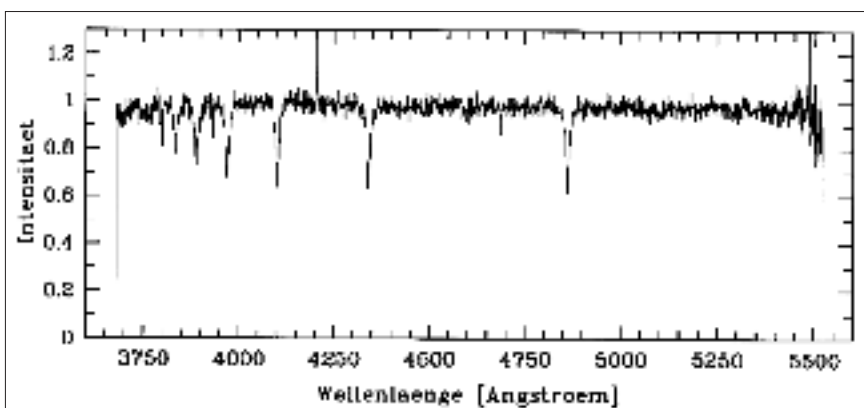
Wenn man nun ein eindimensionales Spektrum (d. h. pro Wellenlängenelement einen Intensitätswert) erhalten hat, muss der Kontinuumsverlauf gefittet werden. Achtung: die Absorptionslinien mancher Sterne haben sehr breite Flügel, besonders die bei Sternen mit hohen Schwerebeschleunigungen (z. B. Weiße Zwerge), man darf daher nicht zu sehr in der Nähe dieser Spektrallinien den Verlauf des Kontinuums festmachen. Abbildung 4 zeigt den Fit an das Kontinuum für den Beispielstern.

Durch diesen Kontinuumsverlauf muss dann das Spektrum dividiert werden. Damit landen alle hohen Intensitäten (Sternkontinuum außerhalb der Absorptionslinien) auf/in der Nähe der 1 und niedrige Intensitäten (Mitte der Linien) bei Werten zwischen 0 und 1. Geringere Werte als Null dürfen praktisch nicht vorkommen, der Himmelshintergrund lag ja schon bei Null. Das Ergebnis für den Beispielstern zeigt Abbildung 5.

Das ganze ist sehr an CCD-Daten orientiert. Leider habe ich bisher keine fotografischen Daten ausgewertet und daher auch die Linearisierung solcher Daten hier nicht behandelt. Hierzu müssen ja schon beim Beobachten Vorkehrungen getroffen werden, z. B. Belichtung eines Graukeils auf den Filmrand oder auf eine gesonderte Aufnahme. So nehme ich an, dass das Prinzip der Linearisierung klar sein dürfte: Aus der tatsächlichen Schwärzung und der bekannten Lichtintensität an dieser Stelle muss eine Schwärzungskurve für den Film abgeleitet werden. Mit dieser lässt sich dann die gemessene Schwärzung in Intensität zurückrechnen. Wenn man allerdings dafür sorgt, im Bereich der Schwärzungskurve des Films zu arbeiten, der sowieso bereits linear ist, kann man auf die Linearisierung verzichten.



**Abb. 4:**  
Ergebnis der Anpassung des Kontinuumsverlaufs an das extrahierte Sternspektrum



**Abb. 5:**  
Das Linienspektrum des Beispielsterns nach der Division des extrahierten Sternspektrums durch den angepassten Kontinuumsverlauf