

Automatisierung eines Sonnenspektrografen

Martin Setzer, Gerd Küveler, Axel Zuber
Hochschule RheinMain, Institut für Automatisierungsinformatik, Rüsselsheim

Michele Bianda, Renzo Ramelli
Istituto Ricerche Solari Locarno, Locarno-Monti, Schweiz

Kurzfassung

Im Rahmen der Kooperation mit dem Istituto Ricerche Solari Locarno (IRSOL) wurde eine neue Spektrografensteuerung entwickelt. Diese computergestützte Steuerung, die das Forschungsprogramm am IRSOL unterstützen und optimieren soll, bietet folgende Haupt-Vorteile:

- leichtere Bedienbarkeit,
- verbesserter Forschungsbetrieb durch vollautomatisierte Messungen, auch in Kombination mit anderen Geräten.

Das System basiert auf dem Real-Time-Controller cRIO9014 mit einer cRIO9103 Backplane. Als Zusatzmodule kommen das NI9410, NI9263 und NI9512 zum Einsatz. Die komplette Software wurde in NI LabVIEW entwickelt.

Abstract

A new spectrograph control has been developed within the framework of cooperation with the Istituto Ricerche Solari Locarno (IRSOL). This computer-based control, which is to support and optimize the research programs at the IRSOL, offers the following main advantages:

- easier handling,
- improved research activities by fully automated measurements, also in combination with other devices.

The system is based on the real time controller cRIO9014 with a cRIO9103 backplane. NI9410, NI9263, and NI9512 are used as add-on modules. All of the software was developed in NI LabVIEW.

Das IRSOL

Das IRSOL ist ein astronomisches Sonnenobservatorium in Locarno in der Südschweiz [1]. Hauptinstrument ist ein relativ kleines Teleskop mit 45 cm Spiegeldurchmesser und 25 m Brennweite. International konkurrenzfähig ist es wegen seines besonderen optischen Aufbaus (*Gregory-Coudé*), der nahezu ohne instrumentelle Polarisierung auskommt. Damit ist es hervorragend für Polarisationsmessungen im Sonnenspektrum geeignet. Auf diese Weise lassen sich auch sehr schwache Magnetfelder auf der Sonne bestimmen, deren Kenntnis wichtig für das Verständnis unserer Sonne ist. Dieses Teleskop wurde kürzlich mit NI-Komponenten neu automatisiert [2], nachdem bereits mehr als ein Jahrzehnt zuvor eine erste Steuerung unter Verwendung von NI LabVIEW realisiert wurde [3, 4]. Als Nachfolge-Pro-

jekt, welches nach dem gleichen Grundkonzept wie dem der neuen Teleskopsteuerung aufgebaut ist, wurde die hier beschriebene Steuerung für den Hauptspektrografen entwickelt, dem wichtigsten Postfokus-Gerät des Observatoriums. Fast alle Beobachtungen richten sich nicht auf das unmittelbare Sonnenbild des Teleskops, sondern auf einen kleinen Teil des Spektrums, so wie es in der Bild 7 im GUI zu sehen ist. Eigentlich handelt es sich um zwei Spektrografen, einem Beugungsgitter mit sehr hoher spektraler Auflösung und einem Prisma, das nach dem Brechungsprinzip arbeitet. Deren Kombination ist notwendig, weil ein Gitter unendlich viele Spektren (Ordnungen) erzeugt, die sich alle überlagern. Das Prisma dient als Monochromator (Vorzerleger), sodass nur ein winziger Teil des Spektrums, der gewünschte Ausschnitt, auf das Gitter fällt. Damit werden die unerwünschten Ordnungen so stark gedämpft, dass sie nicht mehr störend wirken.

Aufbau der Hardware

Als Real-Time-Controller kommt das cRIO 9014 mit einer cRIO 9103 Backplane zum Einsatz. Eines der zu steuernden Elemente am IRSOL ist der Monochromator, der mithilfe eines Schrittmotors um seine eigene Achse bewegt werden soll. Dazu wird das SoftMotion-Modul NI9512 verwendet. Die andere zu steuernde Komponente ist das Gitter. Es wird mit einem DC-Motor bewegt, der über das Analog-Ausgangsmodul NI9263 gesteuert wird. Dieses liefert die benötigte Ausgangsspannung von ± 10 V. Zur Positionsabfrage des Gitters dient ein Heidenhain-Encoder. Dieser wird über das digitale IO-Modul NI9401 ausgelesen.

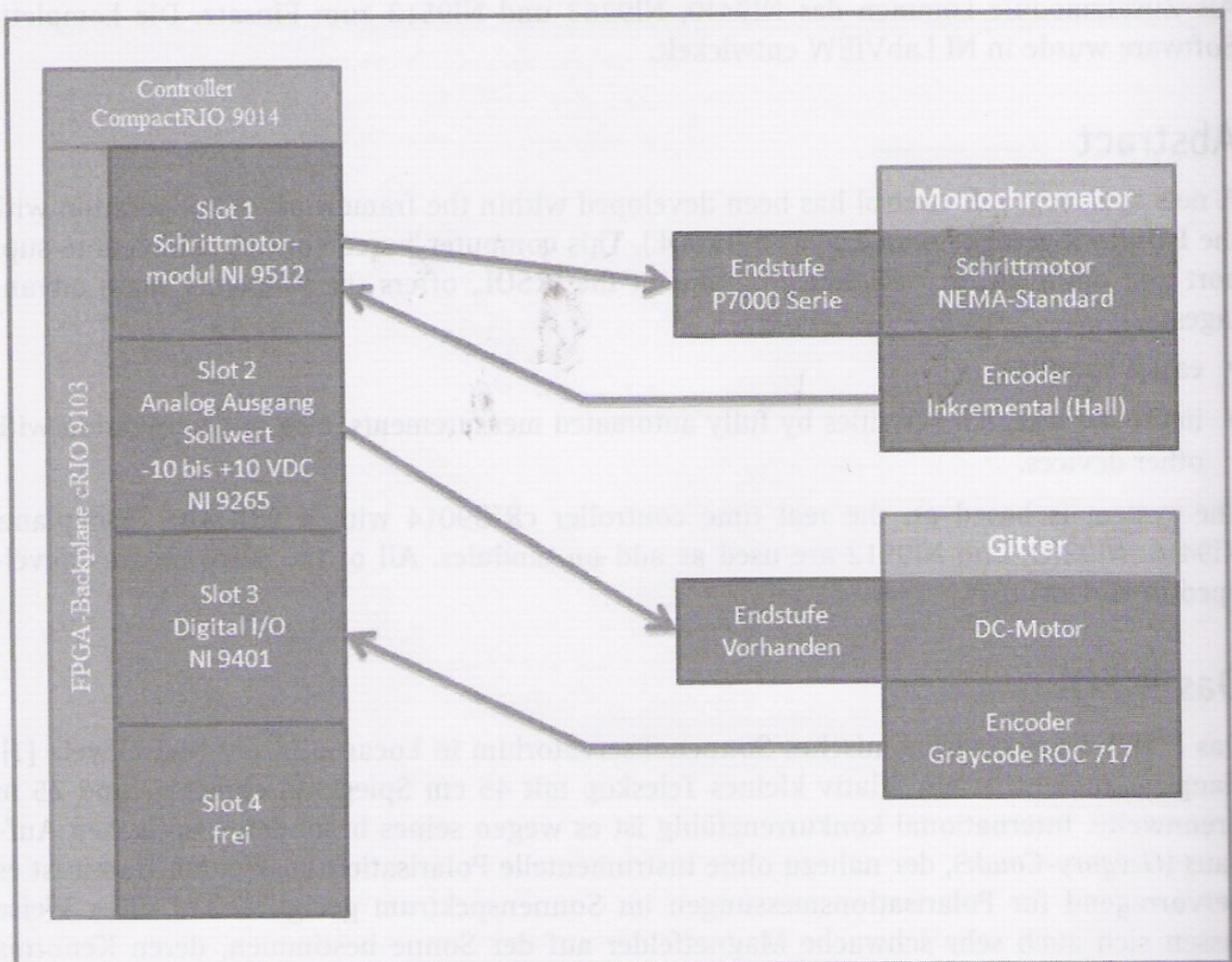


Bild 1: Aufbau der Hardware

Wegen der dabei notwendigen hohen Taktfrequenz, ist die Positionsabfrage auf dem FPGA programmiert. Der freie, vierte Slot des Chassis kann für die Automatisierung einer weiteren Komponente genutzt werden. Es ist geplant, mit einem zusätzlichen DC-Motor ein Filterrad zu steuern, das alternativ zum Monochromator eingesetzt werden kann.

Programmierung des FPGA

Der Encoderwert wird per Synchronous Serial Interface ausgelesen. Durch die benötigte Frequenz von 400 kHz muss das Auslesen des Wertes im FPGA-Modus geschehen. Dafür wurde das von National Instruments vorgefertigte VI verwendet und modifiziert (Bild 2).

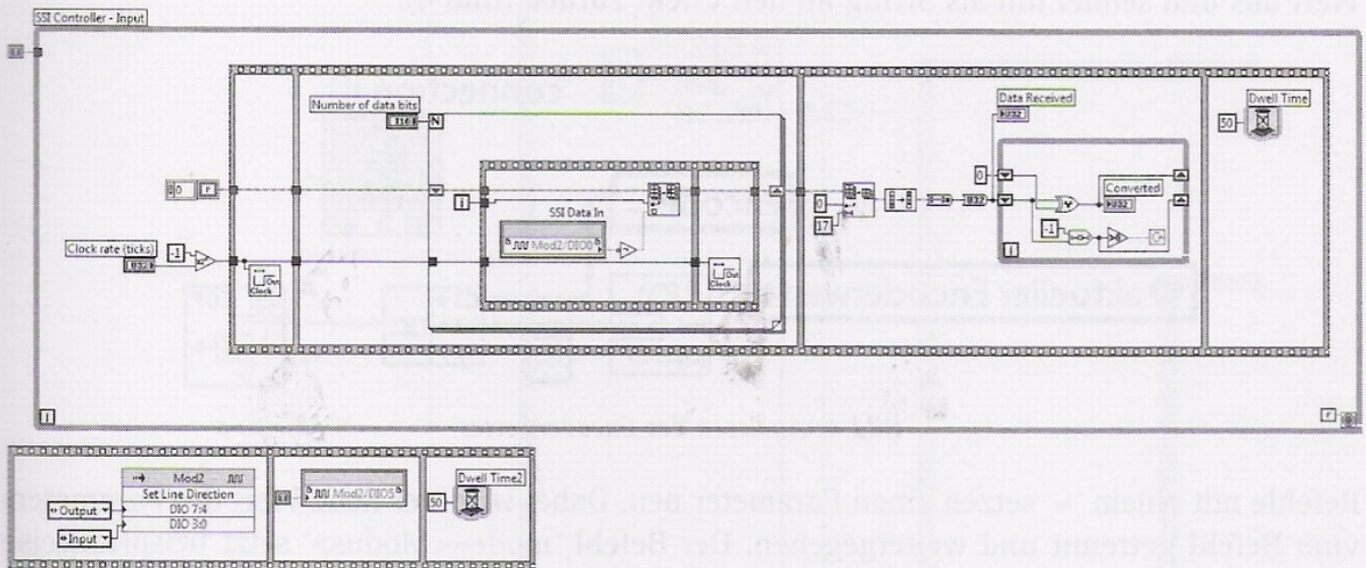


Bild 2: SSI-VI

Es werden 18 Bits eingelesen und in ein Array geschrieben. Weil nur die ersten 17 Bits für das vollständige Datenwort notwendig sind, wird aus diesem Array ein Subarray erstellt. Danach wird dieses boolesche Subarray in einen Gray-Code Wert umgewandelt.

Hybrid-Modus

Das Arbeiten im ScanEngine- und FPGA-Mode erfordert beim Starten der Software eine bestimmte Reihenfolge. Zuerst muss das FPGA-VI gestartet werden und danach die ScanEngine (Bild 3).

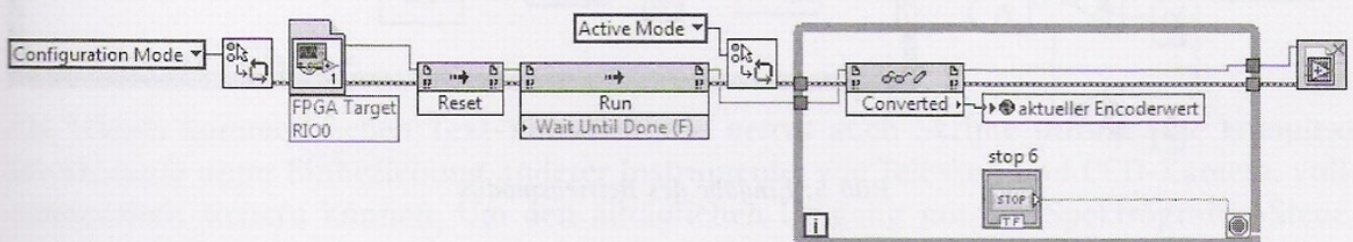


Bild 3: Starten im Hybridmodus

Das Softwarekonzept

Die eigentliche Steuer-Software ist als Server zwischen der Client- und Komponentenebene konzipiert. Die Komponentenebene beinhaltet die zu steuernden Spektrografenkomponenten. Die Client-Ebene beinhaltet die Benutzer-Schnittstellen. Der Server erlaubt mehreren

Clients den gleichzeitigen Zugriff (Multiclient-Fähigkeit). Nachdem sich ein Client verbunden hat, wird seine Connection-ID in einem Array gespeichert. Danach wird der Befehl im ASCII-Code Byte für Byte bis zum Zeilenumbruch eingelesen und anschließend in einer Routine auf seine Richtigkeit überprüft. In einem Cluster werden der Befehl und die dazugehörige Connection-ID gebündelt und über eine Queue zur Befehlsverarbeitung weitergeleitet. Die Verwendung der Queue bringt den Vorteil, dass keine Befehle verloren gehen, sondern nacheinander abgearbeitet werden. Wenn sich durch einen Befehl Parameter oder Variablen ändern, wird diese Änderung in die Liste der globalen Variablen geschrieben.

Es gibt drei Arten von Befehlen. Der erste Befehlstyp enthält ein '?' und dient zur Parameterabfrage, z.B. fragt 'encoder?' nach der aktuellen Gitterposition, liest den entsprechenden Wert aus und sendet ihn als String an den Client zurück (Bild 4).

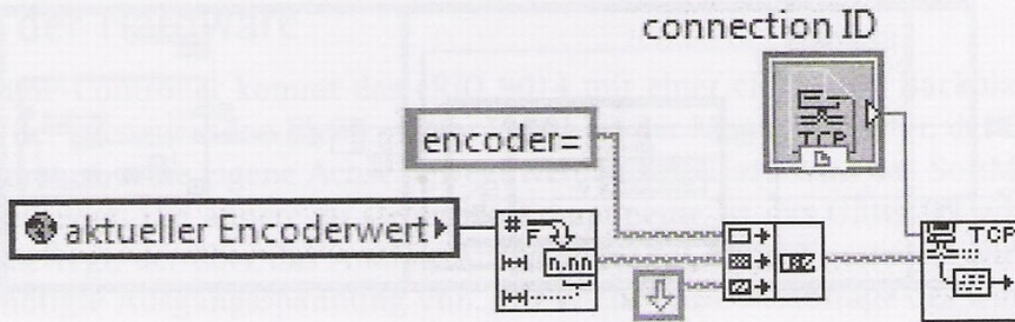


Bild 4: Auslesen des Encoderwertes

Befehle mit einem '=' setzen einen Parameter neu. Dabei wird der neue Wert des Parameters vom Befehl getrennt und weitergegeben. Der Befehl 'mode=<Modus>' setzt beispielsweise den Betriebsmodus des Spektrografen (Bild 5). Dieser wird in der Liste der globalen Variablen geschrieben und bei Bedarf ausgelesen. Wenn der Modus gesetzt wurde, wird dies mit 'mode=<Modus>' quittiert. Diese Art der Quittierung gilt für alle '='-Befehle.

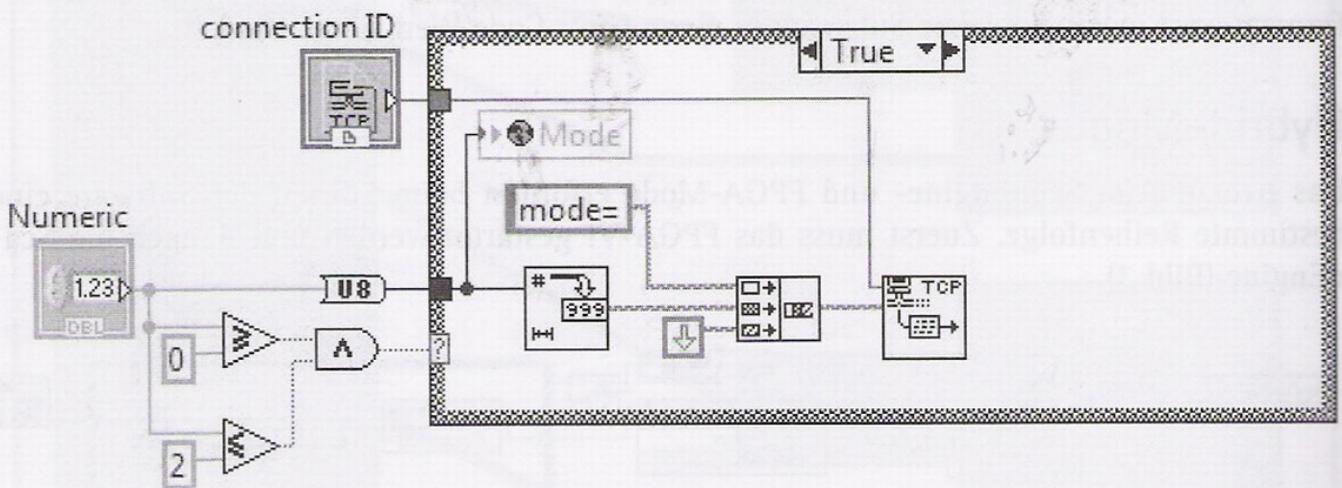


Bild 5: Eingabe des Betriebsmodus

Die Parameteraktualisierung führt in vielen Fällen auch zur Bewegung des Gitters oder des Monochromators.

Der dritte Befehlstyp besteht nur aus Buchstaben und führt ebenfalls zu einer Aktion. Während 'mogohome' z.B. den Monochromator an seine Homeposition fährt, gibt 'help' eine Übersicht und Kurzbeschreibung aller Befehle aus. Die Unterscheidung der drei Typen und die Auswahl des richtigen Befehlses sind in Bild 6 dargestellt.

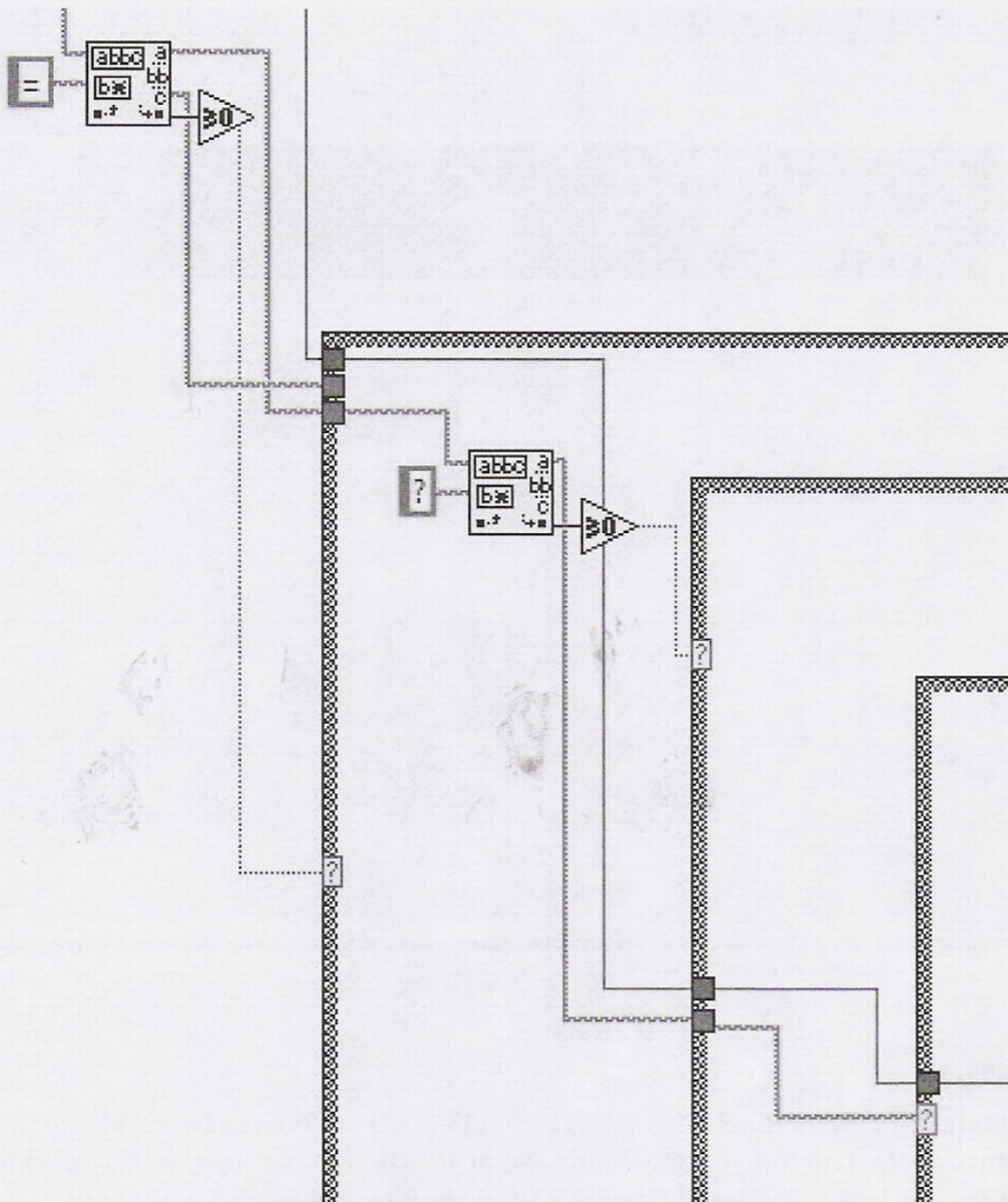


Bild 6: Befehlsauswahl

Dafür wird beim Start der Software die ScanEngine in den 'Configuration Mode' gesetzt. Daraufhin wird der FPGA gestartet. Danach wird die ScanEngine in den 'Active Mode' gesetzt, sodass man mit SoftMotion arbeiten kann.

Die Client-Ebene

Als Clients kommen neben Text-Konsolen wie *netcat* auch Skripte infrage, die komplexe Messabläufe unter Einbeziehung anderer Instrumente, wie Teleskop und CCD-Kamera, vollautomatisch steuern können. Um den alltäglichen Umgang mit der Spektrografen-Steuerung zu erleichtern, kann mit einem Standard-GUI gearbeitet werden (Bild 7). Dieses bietet den Zugang zu den am häufigsten verwendeten Befehlen über Button-Clicks. Besonders komfortabel ist die Möglichkeit, den gewünschten Spektralbereich direkt mit einem Click in einen grafisch angezeigten Spektralatlas einzustellen. Dieser umfasst den gesamten, dem Teleskop zugänglichen Spektralbereich (das optische Spektrum plus nahes UV und Infrarot). Der gewünschte Ausschnitt kann per numerischer Eingabe der Wellenlänge oder per Pfeiltasten zur grafischen Anzeige gebracht werden.

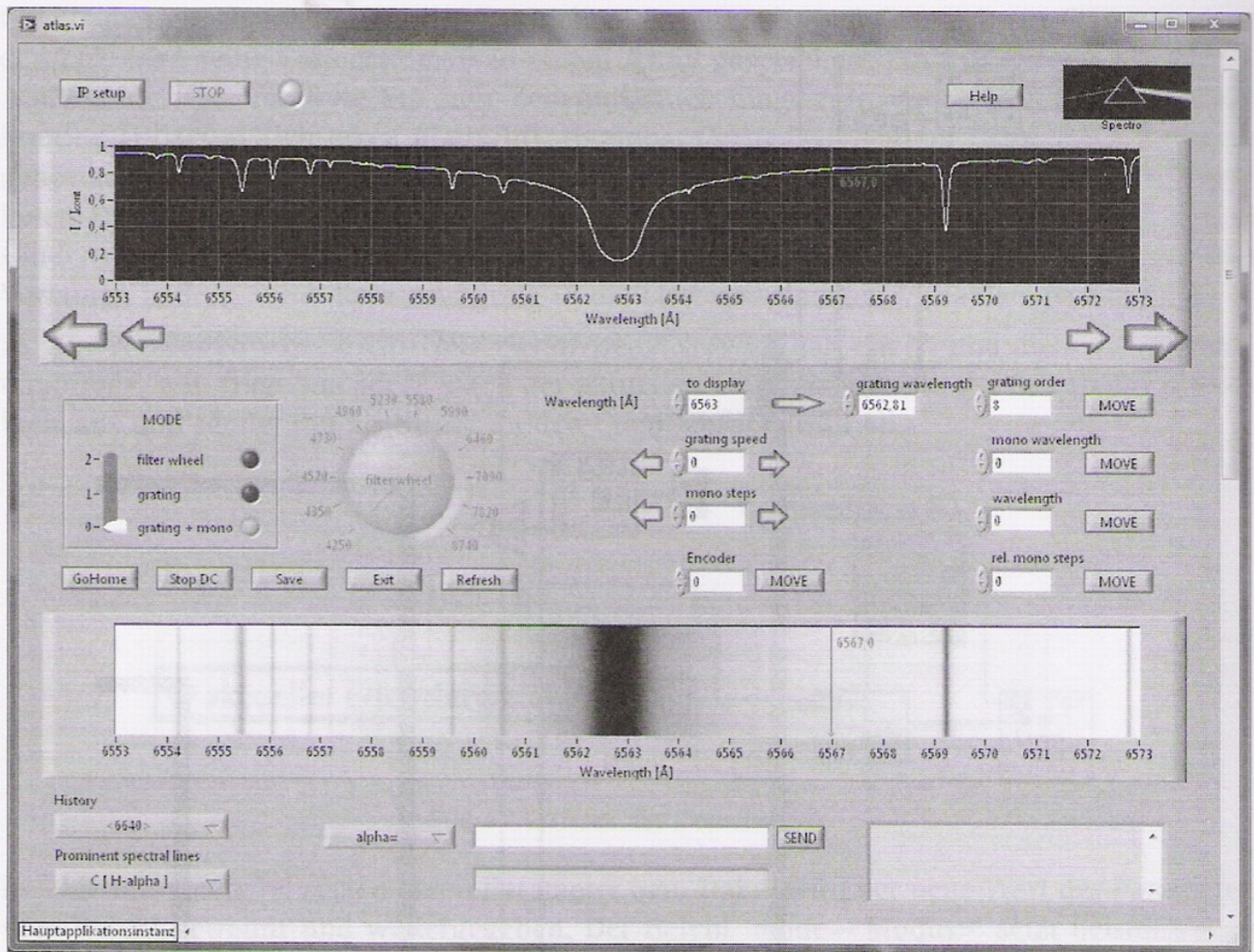


Bild 7: Atlas – Das GUI

Literatur

- [1] Bianda, M., Ramelli, R., Feller, A., Stenflo, J.O., Küveler, G.: Instrumental developments at the Gregory-Coudé Telescope at IRSOL, in: F. Kneer, K. G. Puschmann, A. D. Wittmann (eds.), Proceedings of the Workshop on "Modern Solar Facilities – Advanced Solar Science", Göttingen, Germany (2007)
- [2] Küveler, G., Dao V. D., Ramelli, R.: The new IRSOL solar telescope control system. *Astron. Nachr. / AN 332*. No. 5, 502 -507 (2011) / DOI 10.1002/asna.201011515
- [3] Küveler, G., Wiehr, E., Thomas, D., Harzer, M., Bianda, M., Sütterlin, P., Epple, A., Weishaar, E.: Automatic Guiding of the Primary Image of Solar Gregory Telescopes. *Solar Physics* 182, 247-255 (1998)
- [4] Küveler, G., Wiehr, E., Bianda, M.: Eine Computersteuerung und Nachführ-Automatik für Sonnenteleskope, in: Jamal, R., Jaschinski, H.: Virtuelle Instrumente in der Praxis. Begleitband zum Kongress VIP 2002. Hüthig: Heidelberg, S. 47 - 51