

Astrospektroskopie mit Spektren der ferngesteuerten LCO-Teleskope und -Spektrographen

Dr. Lothar Schanne

December 11, 2024

Hintergrund

<https://lco.global/observatory/instruments/nres/>

LCO's Network of Robotic Echelle Spectrographs (NRES) is four identical high-resolution ($R \sim 53,000$), precise (≤ 3 m/s), optical (380-860 nm) echelle spectrographs, each fiber-fed (2.58" per fiber width) simultaneously by two 1 meter telescopes and a ThAr calibration source. NRES is a single, globally-distributed observing facility, composed of four units located at our CTIO, SAAO, McDonald Observatory, and Wise Observatory sites, using up to eight 1-m telescopes.

Auf dieser Webseite ist auch der Aufbau der verwendeten Echelle-Spektrographen beschrieben.

Die LCO-Spektrographen liefern also hochaufgelöste Spektren ($R \sim 53,000$) von Himmelsobjekten im gesamten optischen Wellenlängenbereich, die dem Nutzer in Form von Dateien in einem speziellen Format über das Internet geliefert werden.

Struktur und Inhalt der NRES-Dateien

Die gelieferten Datencontainer haben Namen wie *lscnrs01-fa09-20231014-0027-e92-1d.fits.fz*. Falls die gelieferte Datei die Extension *.fz* besitzt, muss sie zuerst entpackt werden. Das geschieht mit dem Program *funpack*, das im Rahmen einer Installation des Pakets *cfitsio* installiert wird (siehe <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/fitsio/>). Nach dem entpacken hat die Datei dann einen Namen wie *lscnrs01-fa09-20231014-0027-e92-1d.fits*.

Hat die Datei die Extension *.gz*, kann der Inhalt direkt mit dem Skript *NRES_v20241207.py* ausgelesen werden - ohne vorhergehendes entpacken der Datei.

Die Struktur des fits-Files kann untersucht werden mit einem fits-viewer wie beispielsweise dem Programm *fv* (siehe <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/ftools/fv/>). Danach gibt es 3 Ebenen:

1. Extension Primary: Besteht aus einem Header, der eine Unmenge von allgemeinen Informationen über den Datenfile enthält und die wir teilweise in auszulesenden Ordnungen für spätere Verwendungen übernehmen.
2. Extension SPECTRUM: Enthält u.a. die einzelnen Ordnungen. Wichtig sind die Wellenlängen und der normierte Flux. Also die eigentlichen Spektren der Echelle-Ordnungen, diejenigen Spektren, die uns interessieren.
3. Extension CCF: Für uns unwichtige Inhalte.

Auslesen der Spektren mittels Python

Wir lesen mit dem Pythonskript *NRES_auslesen_20241208.py* die auf das Kontinuum normierten 1d-fits-Spektren der Echelle-Ordnungen Nr. 52 bis 119 aus. Die numerierten Ordnungen werden als fits-Dateien mit dem Namenszusatz *_normiert.fits* gespeichert. Innerhalb des Ausleseskripts werden die einzelnen Ordnungen auf eine gemeinsame Schrittweite (Wellenlängenbereich/Pixel) von 0,05 Å rebinnt. Die Spektren können zur Kontrolle mit dem Pythonskript *PlotAllerOrdnungen.py* in einem Plot grafisch dargestellt werden. Die Wellenlängenbereiche der einzelnen Ordnungen findet man in der Datei *NRES_order_wavelengths.csv*.

Weitere Bearbeitung der ausgelesenen Spektren

Nach dem erfolgreichen Auslesen der Spektren stehen die Echelle-Ordnungen Nr. 52 bis 119 als auf das Kontinuum normierte 1d-Spektren im fits-Format zur Verfügung. Sie tragen Namen wie

tlvnrs04-fa18-20220330-0016-e92-1d.fits.fz_Ordnung_110_norm.fits.

Auf der blauen Seite fängt der mit der Messung überdeckte Wellenlängenbereich mit der Ordnung 119 bei etwa 3900 Å an und endet mit der Ordnung 52 auf der roten Seite bei ca. 9050 Å.

Allerdings ist die Güte der Normierung nicht in allen Ordnungen an ihren Rändern aus physikalischen Gründen befriedigend, weshalb bei Bedarf eine Nachnormierung erfolgen kann.

Die NRES-Echelle-Spektrographen messen die Spektren im Vakuum (die Optik befindet sich in einer Vakuumkammer), der Standard für Sternspektren ist aber eine Messung in der Luft, weshalb die Wellenlängen der NRES-Spektren in diejenigen in der Luft umgerechnet werden sollten, damit sie mit Spektren aus anderen Quellen verglichen oder Linienlisten aus den üblichen Quellen (z.B. NIST, <https://www.nist.gov/pml/atomic-spectra-database>) angewendet werden können. Diese Umrechnung erfolgt mit dem Pythonskript *VacToAir.py*. Die Dateinamen der umgerechneten und gespeicherten Spektren erhalten dabei den Zusatz *_air*.

Möchte man sich alle Ordnungen eines Spektrums gemeinsam in einem Diagramm anschauen, kann dies mit dem Pythonskript *PlotAllerOrdnungen.py* geschehen.

Möchte man Radialgeschwindigkeiten messen, müssen die Spektren noch heliozentrisch korrigiert werden. Das kann mit dem Pythonskript *heliocentricCorrection.py* erfolgen.

Damit hat man nun 1d-Spektren im fits-Format aller Ordnungen zur Verfügung, die auf das Kontinuum normiert und heliozentrisch korrigiert sind und weiter ausgewertet werden können.