Grundüberholung eines SRT

Teil 2: Untersuchungen zum LNA und Modifikation des Antriebes

Wolfgang Herrmann

1. Einleitung

Dies ist der zweite Teil unseres Berichtes über die Grundüberholung eines von der “Dr. Karl Remeis-Sternwarte” der Universität Nürnberg-Erlangen übernommenen Radioteleskops vom Typ SRT.
In diesem Teil berichten wir von den Untersuchungen zur Empfangskette und den durchgeführten Modifikationen des Antriebes.

2. Feedhorn und Empfangskette

2.1. Feedhorn

Das Feedhorn wurde mit zwei SMA-N Adaptern versehen, so dass auf der SMA Seite ein rascharmber Vertärker (LNA) angeschlossen werden kann und die Kabelverbindung zur weiteren Empfangskette über ein dämpfungsarmes Kabel hergestellt werden kann. Diese Adapter wurden in ähnlicher Weise wie der ursprüngliche Empfänger montiert, nämlich am Flansch des nicht verwendeten Hohlleiters für das C-Band. Abb. 1 zeigt diese Anordnung einschließlich montiertem Original-LNA.

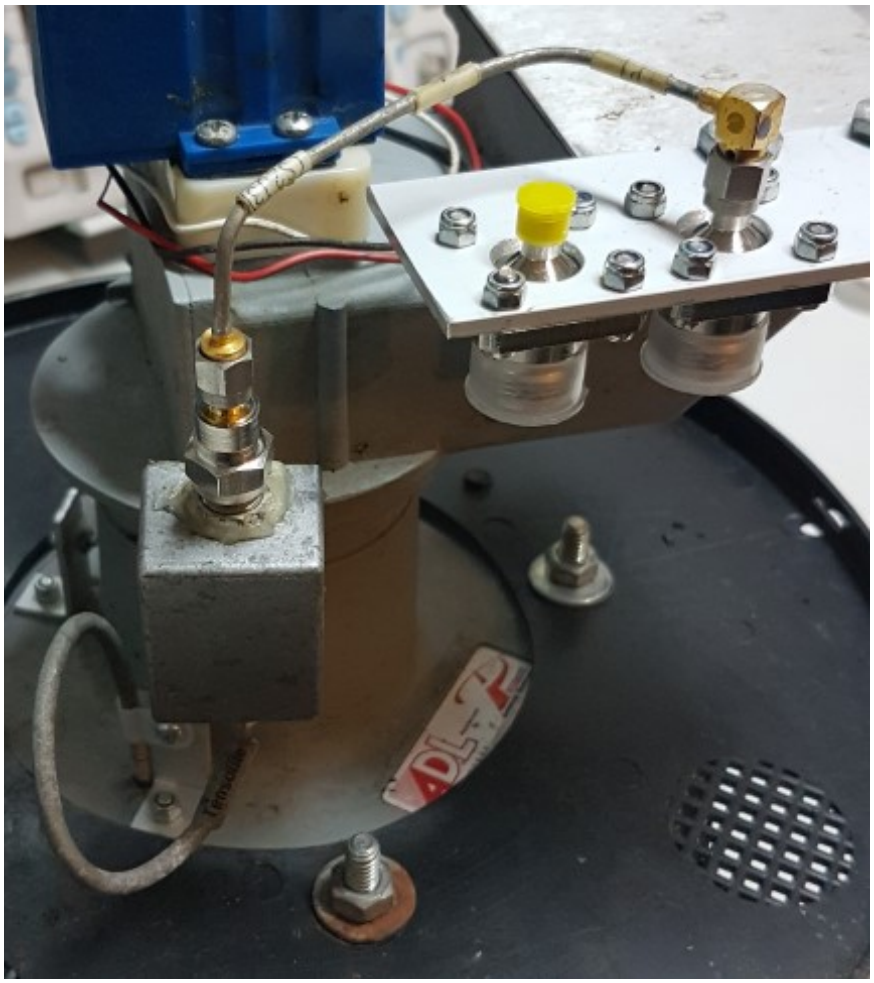


Abb. 1: *Feedhorn mit ursprünglichem LNA in neuer Konfiguration*

Der zweite SMA-N Adapter wurde vorgesehen, um eine weitere Probe für die zweite Polarisationsrichtung (oder den Frequenzbereich des OH Masers bei 1612 MHz) einsetzen zu können. Hierzu wurde auch eine zweite Bohrung im Feed vorgesehen. Für die SMA-Kabel zu den Probes wurden Befestigungen montiert, um diese in korrekter Position fixieren zu können.

2.2. Test der Empfangskette mit Original-LNA

Zum Test der Empfangskette wurde das Feed am Spiegel montiert, siehe Abb. 2.



Abb. 2: *Erster Test der Empfangskette*

Hierbei wurde zunächst der Original-LNA vom SRT verwendet. Er wurde über ein ca. 7 Meter langes Kabel an unsere sonst für den 3-m Spiegel verwendete Empfangsanlage angeschlossen. Diese wurde mit einem Bias-T ergänzt, da der dieser LNA über das Koaxkabel gespeist wird.

Das Signal entsprach nicht den Erwartungen, sondern war recht erratisch im Spektrum. Der Grund war, dass ein starkes Signal im Bereich außerhalb des Empfangsbereiches bei 1420 MHz vorhanden war, welches offensichtlich durch von Schwingungen des LNA verursacht wurde. Auch ein Austausch des Bias-T gegen ein anderes Modell veränderte dies nicht. Zum Test wurde daher der LNA durch einen anderen, ebenfalls über das Koaxkabel gespeisten, ersetzt. Hier war das Signal normal und die Wasserstofflinie war einwandfrei zu empfangen.

Die Schlussfolgerung hieraus war, dass der Original-LNA nicht unter allen Betriebsbedingungen stabil ist. Wahrscheinlich führt eine schlechte Reflexionsdämpfung am Ausgang (S22) zu diesem

problematischen Verhalten. In der ursprünglichen Anordnung, bei der der Empfänger unmittelbar am Ausgang des LNA angeschlossen ist, ist dieses weniger relevant.
Wir mussten jedoch den Schluss ziehen, dass der LNA trotz seiner recht guten Laborwerte für uns nicht einsetzbar ist.

2.3. Test der Empfangskette mit alternativem LNA

Als Alternative zu dem Original LNA wurden zwei LNA-Module mit jeweils einem SPF5189Z P-HEMT verwendet. Diese Kombination hatte sich bereits anderweitig bewährt. Beide Module werden von Semirigid-Leitungen gehalten, siehe Abb. 3.

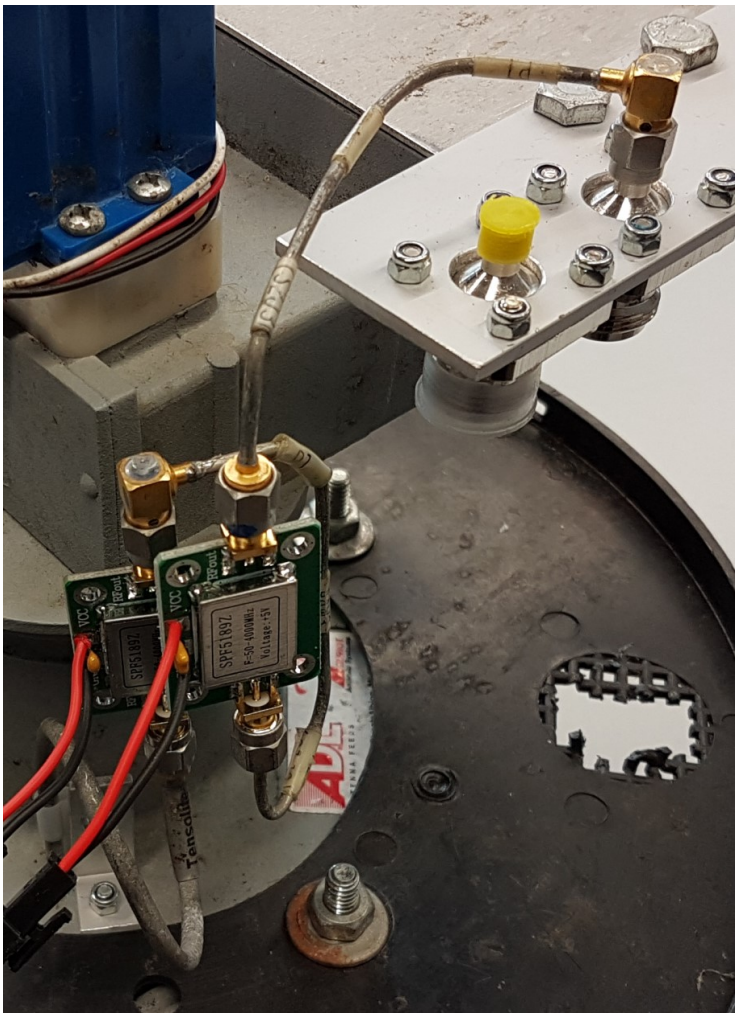


Abb. 3: *Feedhorn mit alternativem LNA*

Ein Test mit diesen LNAs war zufriedenstellend. Die Spektren des neutralen Wasserstoffs waren einwandfrei zu sehen. Wenn man den Spiegel per Hand grob auf die Sonne ausrichtete, war ein Signalanstieg zu beobachten. Quantitativ wurde dies nicht ausgewertet, da die Ausrichtung nur grob erfolgen konnte.
Die Entscheidung war somit, die SPF5189Z P-HEMT Module als LNA einzusetzen.

3. Azimut und Elevationsantrieb

Der Plan war, die Hard- und Softwarelösung für die Steuerung des Antriebes von unserem 3-m Spiegel und 1,2-m Spiegel mit so geringen Änderungen wie möglich zu verwenden. Diese beiden Instrumente sind mit einem EGIS Rotor versehen. Der EGIS-Rotor hat Gleichstrommotoren und für die Rückmeldung der Position Quadratur-Inkrementalcoder. Die Encoder messen die Umdrehungen der beiden Antriebsmotoren für Azimut und Elevation. Im Falle unseres 1,2-m Spiegels wird für die Rückmeldung der Position in der Elevation jedoch nicht der Encoder genutzt, sondern ein separater Lagesensor.

3.1. Modifikation des Azimutantriebes

Da der Azimutantrieb des SRT keinen Quadraturencoder hat, musste eine Lösung gefunden werden. Leider war der Platz an der Motorwelle zu gering, um einen käuflichen Encoder einsetzen zu können. Es wurde daher eine Eigenbau-Lösung verwendet. Hierzu wurde eine Coderscheibe erzeugt, indem ein entsprechendes Muster auf eine bedruckbare, selbstklebende Kunststofffolie mit einem Laserdrucker gedruckt wurde. Zur Abtastung wurden zwei Miniatur-Reflexlichtschranken verwendet, die am Rahmen des Azimutantriebsgehäuses montiert wurden.
Diese Lösung ist in Abb. 4 zu sehen.

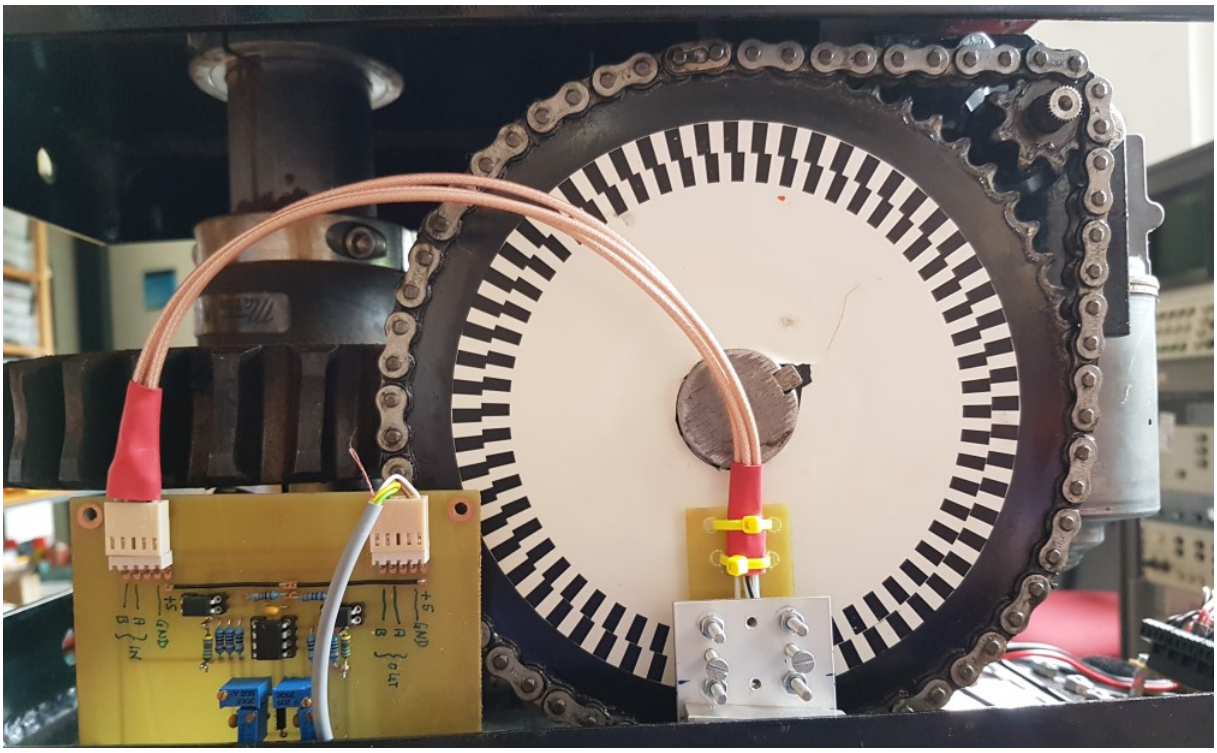


Abb. 4: *Selbstbau-Quadraturencoder auf der Zahnscheibe*

Mit dieser Anordnung erhält man ca. 7600 Zählpulse für eine volle Umdrehung im Azimut. Das entspricht einer Auflösung von ca. 0,05°, welches vollkommen ausreichend ist.

Im Zuge der Tests des Azimutantriebes der Positioniergenauigkeit wurde festgestellt, dass ein gewisses Spiel im Antrieb vorhanden war. Da der Encoder nicht direkt an der Drehachse, sondern vielmehr an einem Antriebselement misst, ist die dieses Spiel ein beitragender Faktor zu der Ungenauigkeit in der Positionierung. Um dies zu verbessern, wurde die Lagerung der Achse der Antriebsschnecke verbessert um ein Schlackern zu verhindern.

Ziel war es, die Postiononiergenauigkeit unter allen Bedingungen kleiner als ein Zehntel der Beambreite zu halten. Bei einer Wellenlänge von 21cm beträgt diese ca. 6,5°. Die Positioniergenauigkeit ist kleiner als 0,5° und bleibt damit unterhalb der angestrebten Toleranz.

Eine weitere Modifikation betraf die Endschalter. Die ursprüngliche Konstruktion unterbricht den Motorstrom mit einem Schalter. Es ist dann noch ein Fahren in die entgegengesetzte Richtung möglich, was durch eine Diode, die den Schalter überbrückt, erreicht wird. Wir wollten jedoch auch eine Rückmeldung an die Steuerung haben, wenn ein Endschalter auslöst. Daher wurde die Endschalterkonstruktion dahingehend ergänzt, dass dieser Vorgang durch Relais läuft, so dass die Relaiskontakte die Rückmeldung geben.

Die Verkabelung wurde insgesamt erneuert und die Gehäusedurchführungen mit PG-Verschraubungen versehen. Frische Farbe gab dann den letzten Schliff, siehe Abb.5.

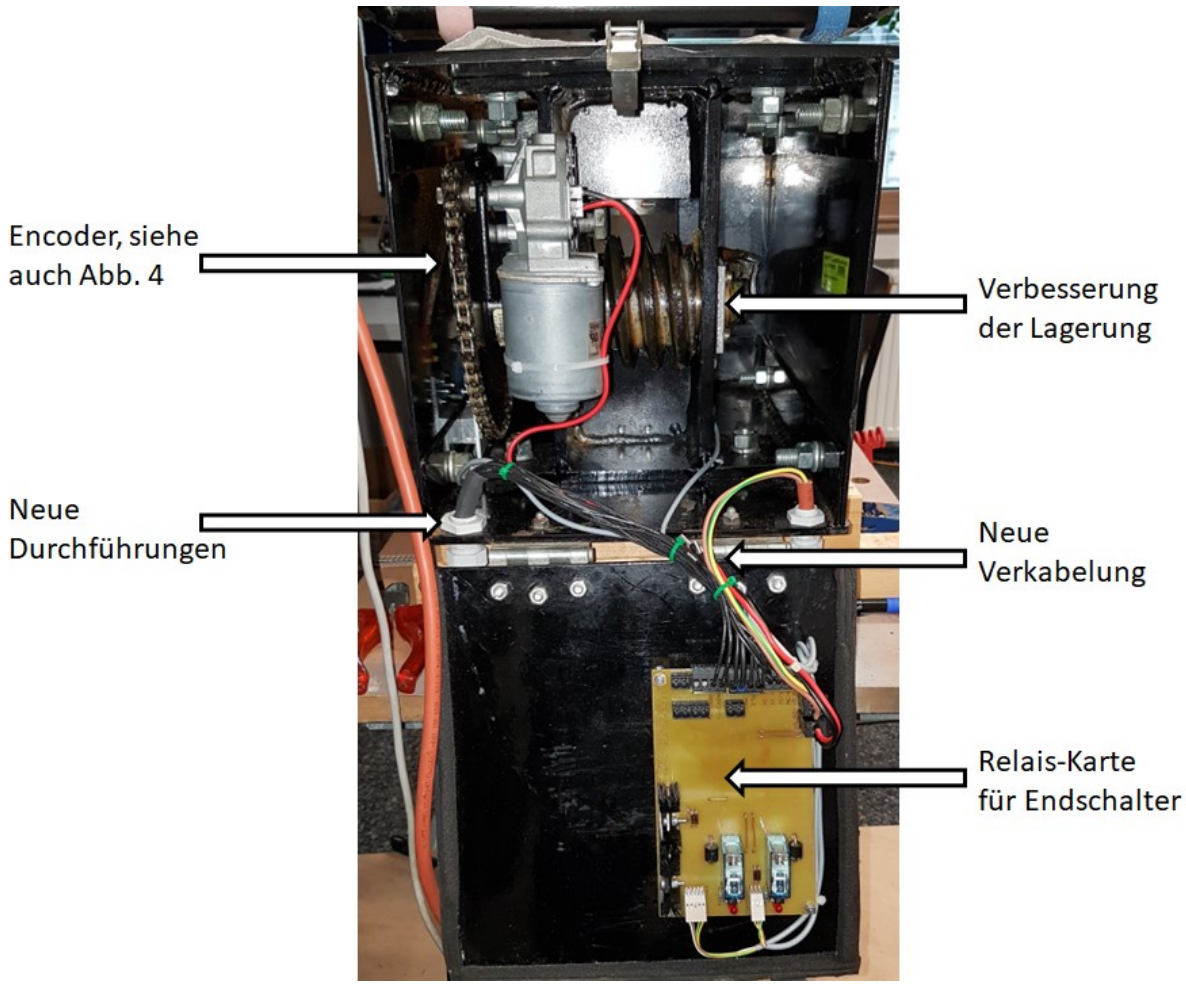


Abb. 5: *Übersicht über die Modifikationen*

Im Gegensatz zu der ursprünglichen Konstruktion enthält die Antriebseinheit nun Elektronik-Komponenten. Daher bestand die Befürchtung, dass auch in geringer Menge eintretendes Wasser zu Funktionsstörungen führen kann. Wasser kann, wie der Zustand der Einheit schließen ließ, über die vertikale Welle eintreten.
Um dies für die Zukunft auszuschließen, wurde die gesamte Einheit mit einer Abdeckung aus einer Kunststofffolie versehen (Abb. 6).

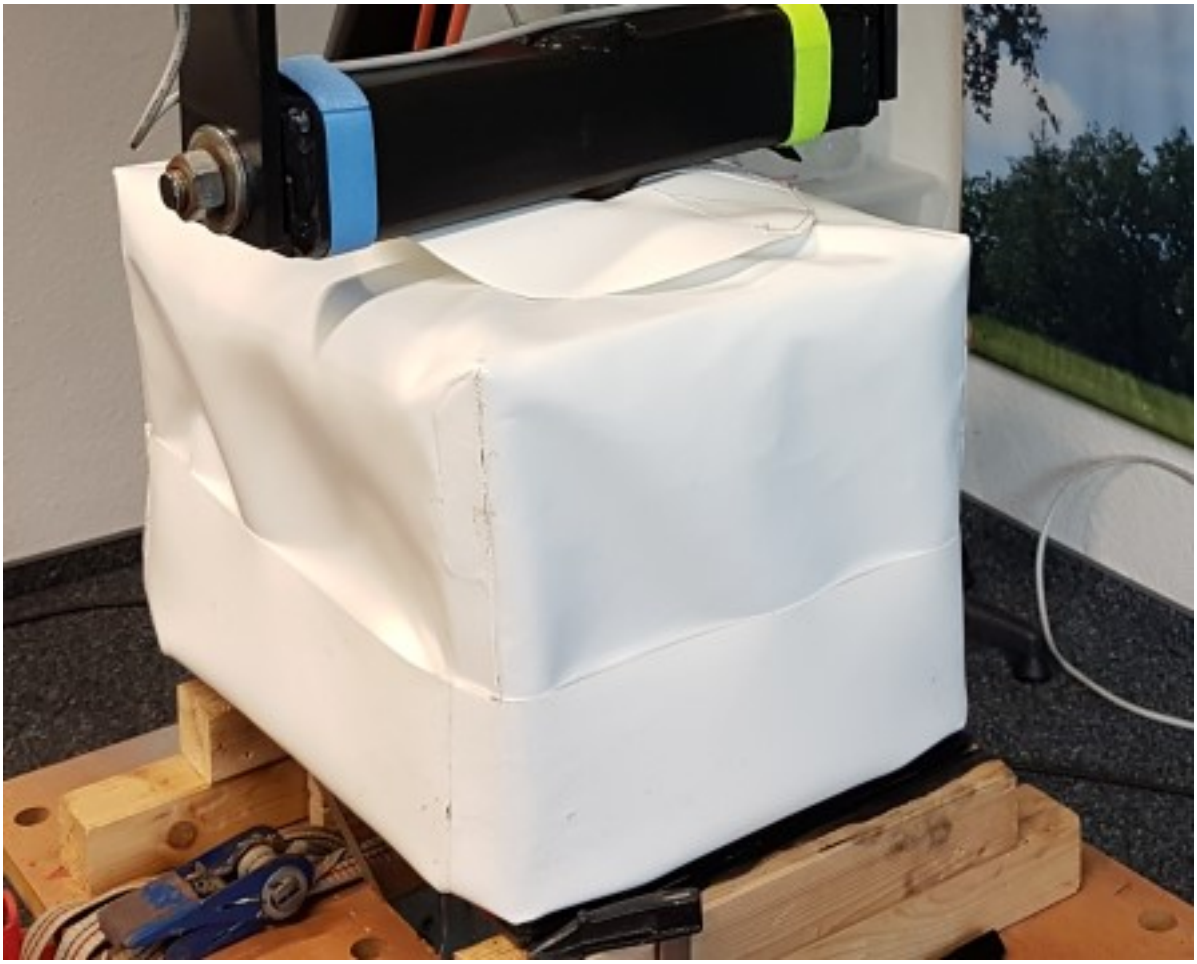


Abb. 6: *Die Abdeckung des Azimutantriebes*
Hier im Labor ist der untere Teil noch nach oben gefaltet,
dies wird im endgültigen Aufbau nicht mehr der Fall sein

3.2. Modifikation des Elevationsantriebes

Wir hatten keine praktikable Lösung gefunden, den Schubstangenantrieb für die Elevation mit einem Quadraturencoder zu versehen. Daher schien uns die Lösung, ganz auf einen Encoder zu verzichten und die Elevation direkt über einen Lagesensor zu messen, einfacher und auch für einen Spiegel mit 2,3 Meter Durchmesser hinreichend genau.
Daher wurde wie bei unserem 1,2-m Spiegel ein Lagesensor, basierend auf einem ADXL 203 Chip, eingesetzt. Dieser ist in einem wasserdichten Gehäuse untergebracht und an einem Teil der Spiegelhalterung befestigt (Abb.7). In diesem Gehäuse sitzt außerdem ein Arduinomodul, um die Daten des Sensors auszuwerten und über eine USB Schnittstelle der Steuerung zur Verfügung zu stellen.

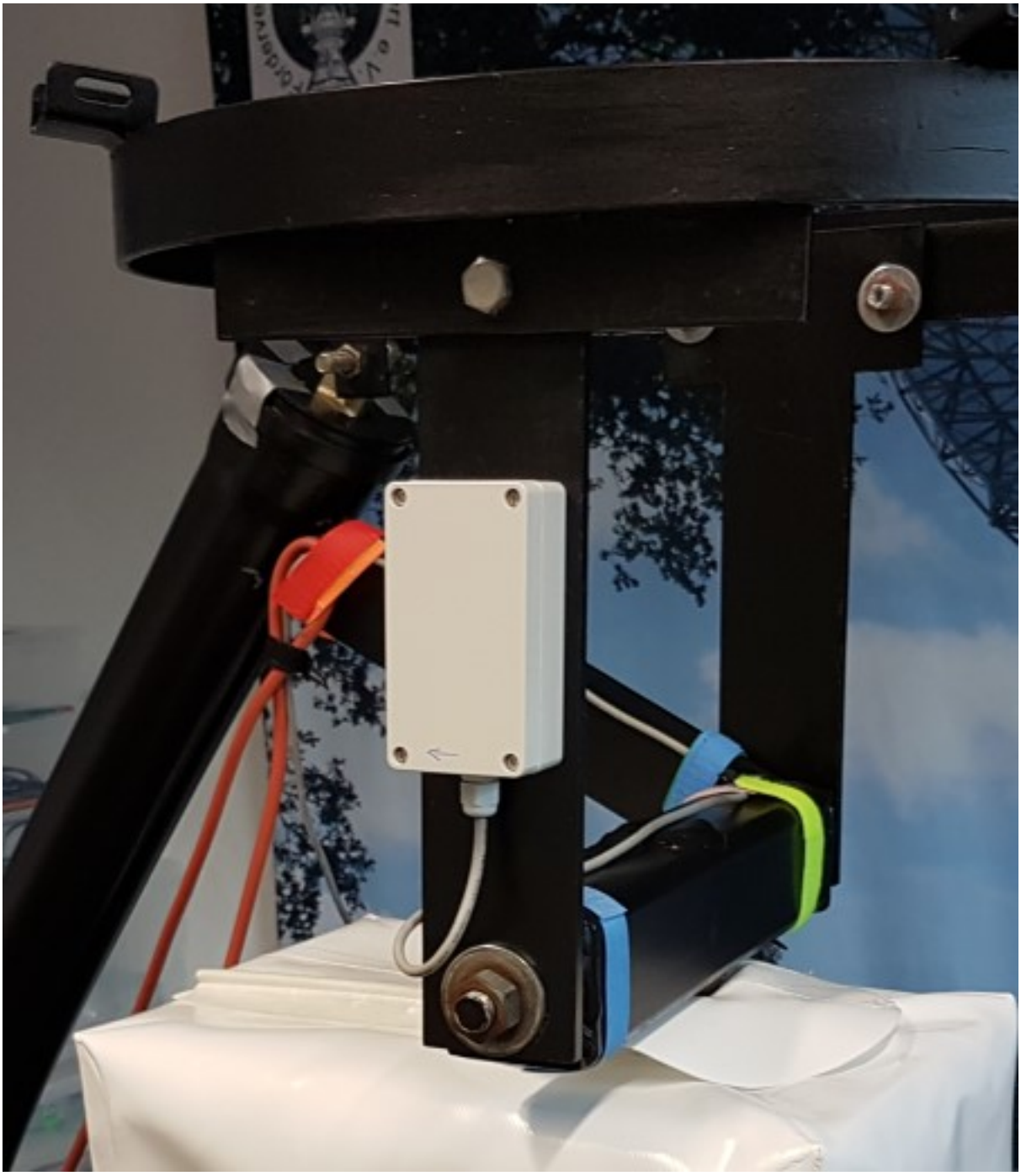


Abb. 7: *Elevationssensor*

Die Mitarbeiter der Dr. Karl Remeis-Sternwarte hatten uns berichtet, dass die Schubstange für die Elevation häufiger aufgrund von Witterungseinflüssen nicht mehr funktionierte und auseinandergenommen und gereinigt werden musste. Um dieses Problem zu verringern, wurde die Schubstange mit einem Kunststoffrohr ummantelt, um Wettereinflüsse weitgehend von der Einheit fernzuhalten (Abb. 8).



Abb. 8: *Schubstange mit Ummantelung*

4. Steuerung

4.1. Hardware der Steuerung

Die Philosophie war, die Steuerung weitgehend baugleich zu der Steuerung des 3-m und 1,2-m Spiegels zu halten. Diese Steuerung besteht aus zwei hauptsächlichen Hardwarekomponenten: Ein MD49 Motortreiber-Board von Robot Electronics [1] und ein Raspberry Pi. Der MD49 Motortreiber liefert den Strom für die Gleichstrommotoren des Azimut- und Elevationsantriebes. Das Board hat außerdem Zähler für Quadratur-Encoder, einer davon wertet die Signale des Encoders vom Azimut-Antrieb aus. Die Kommunikation zwischen dem MD49 Board und dem Raspberry Pi erfolgt über ein serielles Interface. Die Stromversorgung zum MD49 Board läuft über einen MOS Schalter. Dies erlaubt es, das Board über den Raspberry PI zurückzusetzen, wenn eine Überstromsicherung ausgelöst haben sollte. Die Umsetzung von 5 V Logik auf 3,3 V Logik erfolgt über entsprechende Konverter.

Der Neigungssensor für die Erfassung der Elevation ist wie oben erwähnt ein ADXL 203, der mit einem Arduino Nano verbunden ist. Der Arduino errechnet die Neigung aus den Rohdaten des Sensors und übermittelt diese an den Raspberry Pi über eine USB Schnittstelle. Eine weitere USB Schnittstelle dient dem Anschluss externer Geräte. Dies wird genutzt, um für Wartungsarbeiten einen Controller anschließen zu können, über den der Spiegel mittels Joystick gefahren werden kann.
Ein Blockschaltbild der Einheit ist in Abb. 9 zu sehen.

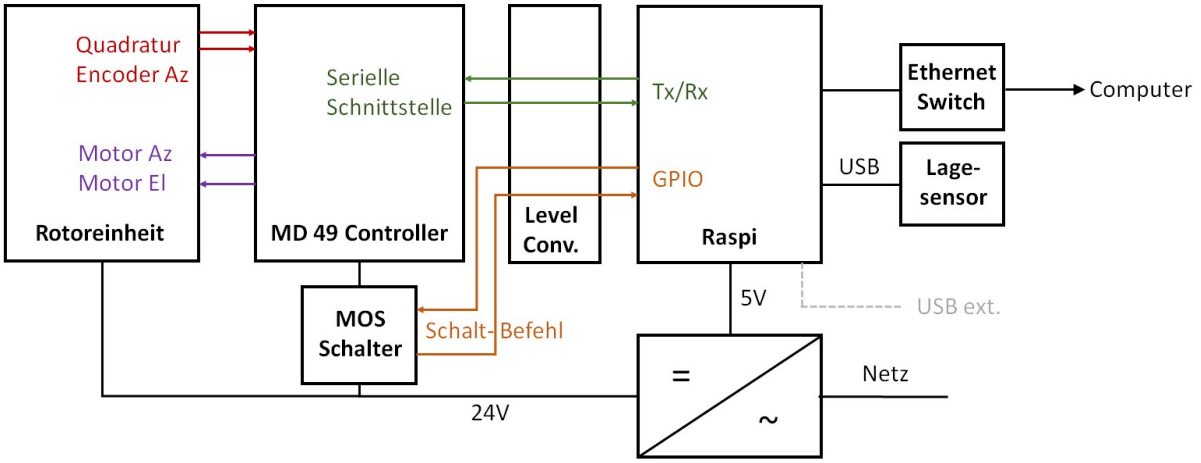


Abb. 9: *Blockschaltbild der Steuerung*

Die Hardware ist als Steckkarten im Europaformat ausgeführt und in einem 19“ Rahmen untergebracht. Die Abb. 10 zeigt diese Einheit.

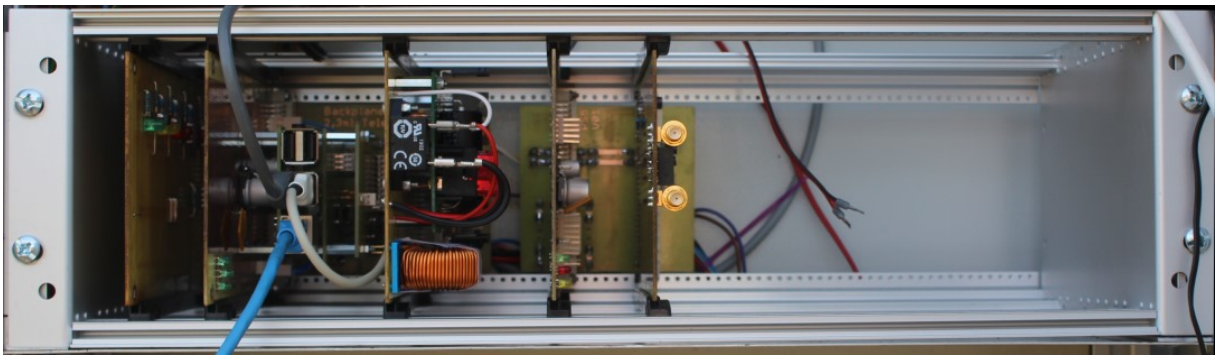


Abb. 10: *Steuerungshardware*

4.2. Steuerungssoftware

Die Steuerungssoftware ist weitgehend gleich zu der, die bei dem 3-m Spiegel und dem 1,2-m Spiegel des Astropeiler Stockert verwendet wird. Die grundsätzliche Philosophie hierbei ist, dass es einen zentralen Prozess gibt, der sämtliche Informationen über das Teleskop verwaltet, d.h. solche Informationen von anderen Prozessen empfängt und an diese verteilt. Dies gewährleistet, dass immer ein konsistentes Bild über den Zustand des Teleskops in allen Prozessen vorhanden ist. Es erleichtert auch, diese Prozesse voneinander getrennt zu halten. Dies wiederum erlaubt es, generische und teleskopspezifische Prozesse zu verwenden und dadurch bestehende Softwaremodule der anderen Teleskope weiter zu verwenden. Die Kommunikation der Prozesse

erfolgt über TCP/IP. Die Software ist in Python geschrieben und verwendet wo immer möglich bereits vorhandene Module. Eine Übersicht über die verschiedenen Prozesse die für den 2,3-m Spiegel verwendet werden ist in Abb. 11 zu sehen.

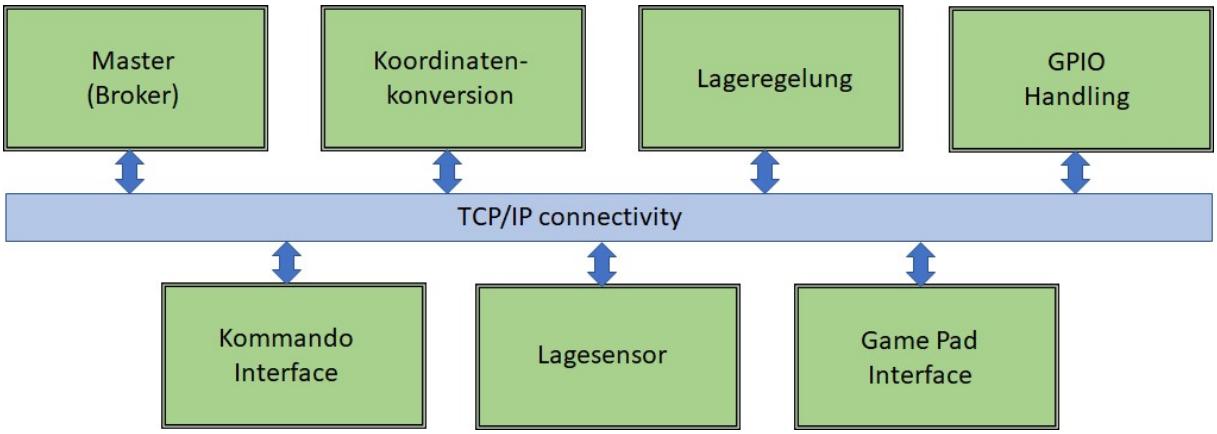


Abb. 11: *Steuerungssoftware*

Wie erwähnt, verwaltet der Master-Prozess alle Informationen, die entweder beim Systemstart durch Konfigurationsdaten festgelegt wurden oder durch andere Prozesse geliefert werden. Das Kommandozeilen-Interface ist textorientiert. Es interpretiert die Benutzereingaben und setzt die entsprechenden Informationselemente. Diese werden dann durch den Master-Prozess allen anderen Prozessen zur Verfügung gestellt. Ein typisches Beispiel wäre die Eingabe eines Zielobjektes für das Teleskop. Ein Prozess für die Koordinatentransformation konvertiert fortlaufend zwischen den verschiedenen Koordinatensystemen. Äquatoriale Koordinaten werden so in andere astronomische Koordinatensysteme (wie z.B. galaktische Koordinaten) umgerechnet. Azimut und Elevation sowie die zugehörigen Maschinenkoordinaten für den Azimut werden so ebenfalls errechnet. Die Elevation kann direkt über den Soll-Winkel gesteuert werden, da ein Lagesensorprozess die Elevation direkt liefert. Die Lageregelung holt sich die jeweiligen Soll- und Ist-Daten und regelt die Position über das MD49 Motormodul nach, so dass astronomische Objekte angefahren und verfolgt werden können. Das GPIO Handling behandelt die direkten Signale des Raspberry Pi und kann so z.B. die Versorgung des Motormoduls ein- und ausschalten. Das Game Pad Interface detektiert, wenn ein Game Pad USB Empfänger an einer USB Schnittstelle eingesteckt wird und interpretiert dann die Bewegungen des Joysticks zur Bewegung des Teleskops.

5. Integrationstests

Mit der Fertigstellung der einzelnen Antriebselemente und der Steuerung konnten Labortests durchgeführt werden. Die Regelparameter der Steuerung konnten bestimmt werden und alle Einzelfunktionen des Antriebs überprüft werden.
Damit ist das Teleskop nun bereit, aufgebaut und in Betrieb genommen zu werden. Der nächste Bericht wird dies abhandeln.

Literatur und Web-Links:

[1] https://www.robot-electronics.co.uk/htm/md49tech.htm