

White Paper, August 2014

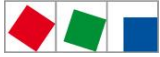
Fachaufsatz von Rex Automatisierungstechnik GmbH, Erfurt und Eckelmann AG, Wiesbaden

Neue Steuerung für größtes Spiegelteleskop aus Jena



2-m-Spiegelteleskop an der Thüringer Landessternwarte in Tautenburg. (Foto: Thüringer Landessternwarte, Christian Högner)

Das Alfred-Jensch-Teleskop an der Thüringer Landessternwarte Tautenburg bei Jena ist eine ingenieurtechnische Glanzleistung. 1960 in Betrieb genommen, war es über mehr als 50 Jahre das größte optische Teleskop in Deutschland. Erst 2012 erhielt es Konkurrenz durch ein etwa ebenso großes, modernes Teleskop, das die Universitäts-Sternwarte München seitdem auf dem Wendelstein betreibt. Astronomen aus aller Welt haben das bei Carl Zeiss Jena gebaute Tautenburger 2-m-Spiegelteleskop für ihre Forschung genutzt und bis heute werden damit vielbeachtete wissenschaftliche Erkenntnisse gewonnen, wie z.B. zur Planetenentstehung oder bei der Suche nach Exoplaneten. Die rasante technische Entwicklung insbesondere in der elektronischen Steuerungs- und Antriebstechnik geht auch an einem solchen scheinbar betagten optischen Instrument mit einer beweglichen Masse von schätzungsweise 65 t nicht spurlos vorüber. Es bedarf aber eines besonderen Fingerspitzengefühls, um die jeweils aktuelle IT- und Mikroprozessor-Technologie mit den genialen mechanischen und getriebetechnischen Erfindungen der 50er Jahre zu „verheiraten“. Die Mühe lohnt sich: Über mehr als fünf Jahrzehnte hinweg konnte so immer wieder die Präzision und Qualität verbessert werden, und das trotz des zunehmenden Problems der Lichtverschmutzung des Nachthimmels. Außerdem waren neue wissenschaftliche Methoden und Aufgaben zu meistern, wie z.B. die Beobachtung erdnaheer Satelliten. Die jüngste Umstellung auf eine industrielle Motion-Steuerung hat jetzt die Firma Rex Automatisierungstechnik aus Erfurt mit Steuerungstechnik der www.eckelmann.de | www.rex-at.de



Wiesbadener Eckelmann AG umgesetzt. Im Zuge dieser Ende 2013 abgeschlossenen Modernisierung wurde auch die Kommunikationsinfrastruktur über CAN-Bus vereinheitlicht und ein zeitgemäßes Bedienkonzept mit touchfähigen HMI-Modulen eingeführt. Die fehleranfälliger und wartungsintensivere PC-basierte Lösung wurde ersetzt.

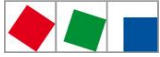
Im Winter ist Pollux im Sternbild Zwillinge einer der hellsten Sterne am Himmel, für das Auge bloß ein winziger Punkt. Um etwas über Pollux, der 34 Lichtjahre entfernt ist, oder noch viel fernere Objekte herauszufinden, werden Spiegelteleskope wie das Alfred-Jensch-Teleskop eingesetzt. Man muss bei der Beobachtung solcher Fixsterne das Teleskop nachführen, um die Erdrotation auszugleichen. Dass dies keine leichte Aufgabe ist, lässt sich erahnen, wenn man sich die Größe und Masse eines solchen mechatronischen Kolosses vor Augen führt. Die Gesamtmasse wird auf 65 t geschätzt. Der Tubus mit Optik und Spiegel misst 10 m (Brennweite 4 m) und wiegt 26 t. Der Spiegel allein wiegt schon 2,3 t. Solche Massen mit der für die Sternbeobachtung nötigen Präzision zu bewegen, setzt unermesslich viel Erfahrung voraus und stellt auch an die Steuerungstechnik ganz besondere Anforderungen. An der Thüringer Landessternwarte hat man sich u.a. auf die Beobachtung von Fixsterne spezialisiert. So gelang 2006 beispielsweise der Nachweis, dass Pollux einen planetaren Begleiter hat, der eine mindestens doppelt so große Masse wie Jupiter besitzt. Zum Nachweis sog. extrasolarer Planeten, kurz Exoplaneten, sind langfristige Messungen notwendig, in diesem Fall über 13 Jahre.

Exoplaneten auf der Spur

Wie entdeckt man einen solchen Exoplaneten? Hat ein Stern einen planetaren Begleiter, lassen sich periodische Schwankungen in der sog. Radialgeschwindigkeit messen, was zum indirekten Nachweis von Exoplaneten herangezogen werden kann. Die Radialgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeitskomponente in Richtung der Sichtlinie des Beobachters. Stern und Planet bewegen sich um einen gemeinsamen Schwerpunkt, nicht nur der Planet um das Zentralgestirn, wie der Laie gemeinhin annimmt. Auch Fixsterne bewegen sich also in Wirklichkeit. Untersucht man nun das Licht, das von einem Stern emittiert wird, mit einem Spektrografen kann man über Spektrallinien die Radialgeschwindigkeit ermitteln. Bewegt sich ein Stern vom Beobachter weg, werden die Spektrallinien nach rot verschoben, bewegt er sich auf den Beobachter zu, erfolgt eine Verschiebung zum blauen.

Periodische Änderungen der Radialgeschwindigkeit sind ein Indiz für das Vorhandensein eines Planeten. Der Planet hinterlässt gleichsam in der Radialgeschwindigkeit bzw. dem Spektrum des Sterns einen „Fingerabdruck“. Aus diesen Daten lässt sich sodann auf die Masse, Bahn und Periode des Planeten schließen. Der Begleiter von Pollux benötigt z.B. 590 Tage für eine Umrundung. Die Messung der Radialgeschwindigkeit ist eine höchst anspruchsvolle Methode, denn das Spektrum eines Sterns kann sich auch durch andere Ursachen verändern (z.B. durch Sternflecken), die durch andere Messmethoden als Fehler ausgeschlossen werden müssen.

Zur Entdeckung des Pollux-Begleiters haben die Astrophysiker an der Landessternwarte Tautenburg durch ihre Beobachtungen mit dem Alfred-Jensch-Teleskop wesentlich beigetragen. Mit dem 2-m-Teleskop gelang es 2005 übrigens erstmals von Deutschland aus einen extrasolaren Planeten zu entdecken. Der riesige Gasplanet umkreist den 6.000 Lichtjahre entfernten Stern HD 13189 und hat eine 2- bis 20-mal größere Masse als Jupiter, der größte Planet in unserem Sonnensystem.



Die wesentlichen Voraussetzungen für solche sensationellen astronomischen Entdeckungen sind hochpräzise Teleskope und viel Erfahrung in der Beobachtung. Umso erstaunlicher ist es, dass das für die oben beispielhaft genannten Entdeckungen eingesetzte Universalspiegelteleskop bereits seit 1960 in Tautenburg seinen Dienst verrichtet. Es ist heute immer noch ein leistungsfähiges Teleskop. Mit einer freien Öffnung von 1,34 m und einem Gesichtsfeld von $3,3^\circ \times 3,3^\circ$ ist es insbesondere die größte direkt abbildende Schmidt-Kamera weltweit. Eine Schmidt-Kamera ist ein für die Astrofotografie konstruiertes Spiegelteleskop mit besonders großem Gesichtsfeld. Das Teleskop kann in drei verschiedenen Modi betrieben werden, Schmidt-Modus, Nasmyth-Modus oder Coudé-Modus, und wird mit relativ geringem Aufwand aus einem Modus in einen anderen umgebaut.

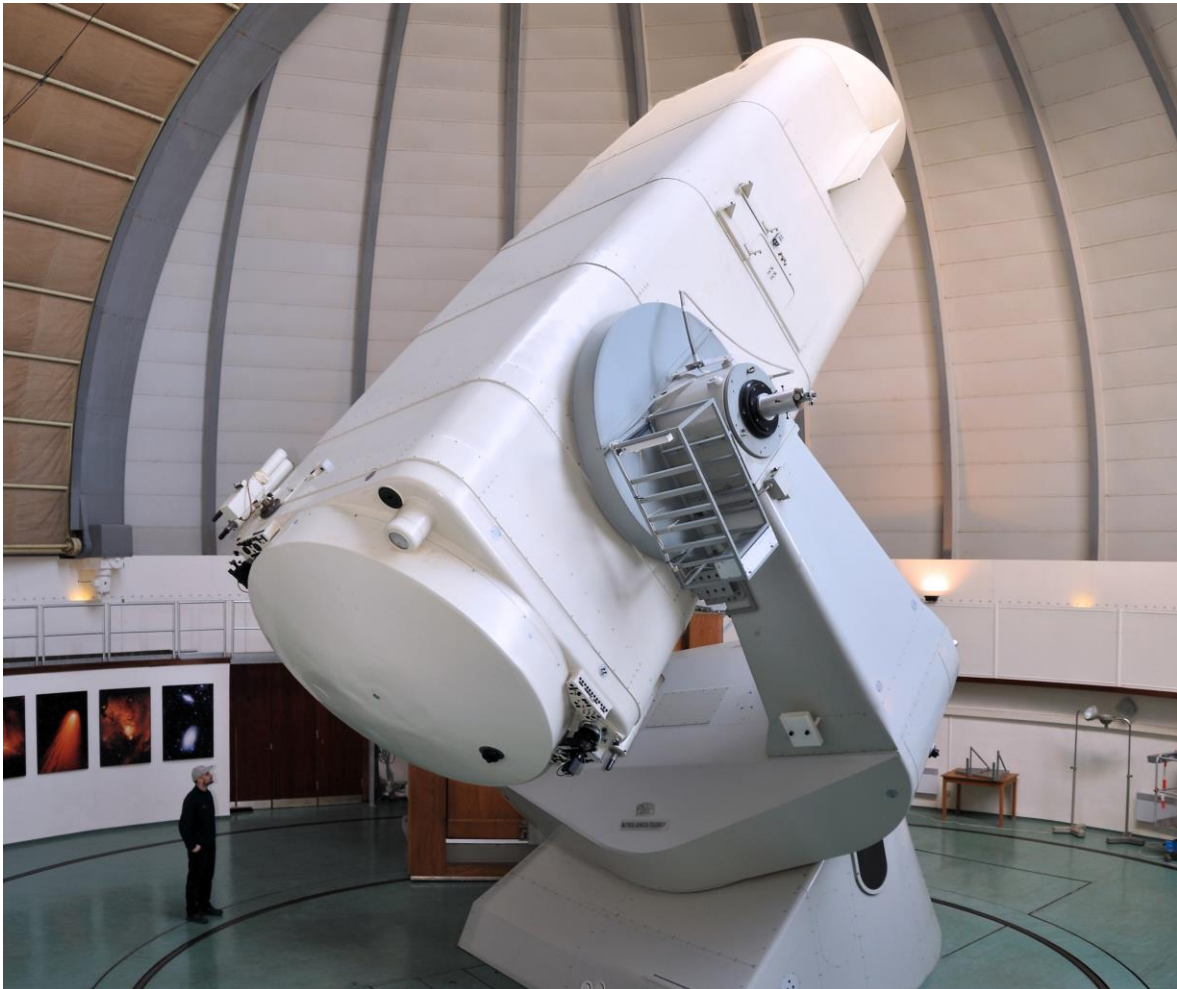
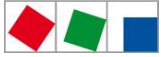
Ein Teleskop geht mit der Technik

Das Teleskop ist eine einzigartige Verbindung von Optik, Mechanik, elektrischer und hydraulischer Steuerungs- und Antriebstechnik. Natürlich haben die Entwicklungen der letzten Jahrzehnte in der Elektronik und IT vor dem Teleskop auch nicht haltgemacht. Doch jede Modernisierung erforderte wiederum äußerstes Fingerspitzengefühl, um mit der vorhandenen Konstruktion zu harmonieren. Etwa alle 10 bis 15 Jahre erfährt das Teleskop eine solche behutsame „Verjüngungskur“, die sicherstellt, dass es weiterhin sicher betrieben werden kann und dass die eingesetzten Komponenten langfristig wiederbeschafft werden können.

Das Teleskop hat so alle wesentlichen Entwicklungen in der Informations- und Steuerungstechnik miterlebt; von Analogrechnern über Digitalsteuerungen bis zum PC. Unangetastet blieb dabei immer die mechanische Konstruktion, denn die Präzisionsteile wie das Schneckenradgetriebe, auf dem die Gabel mit dem aufgehängten 10 m langen Teleskop-Tubus gedreht wird, sind unersetzlich. Alfred Jensch hat in den 50er Jahren vorbildliche mechanische Lösungen für das Teleskop gefunden. Dies gilt auch für die ausgeklügelten Schutzvorrichtungen für die Getriebe, deren Eigenheiten eine elektronische Antriebsregelung berücksichtigen muss. Dies betrifft zum Beispiel das Austrudeln von Motoren oder die Ölversorgung der empfindlichen Getriebe bei einem Stromausfall. Jedes Abreißen des Ölfilms könnte nämlich die kostbaren Präzisionsgetriebe schädigen, die sich niemals identisch mit allen Eigenheiten wiederherstellen ließen.

Nachführung der Stundenachse

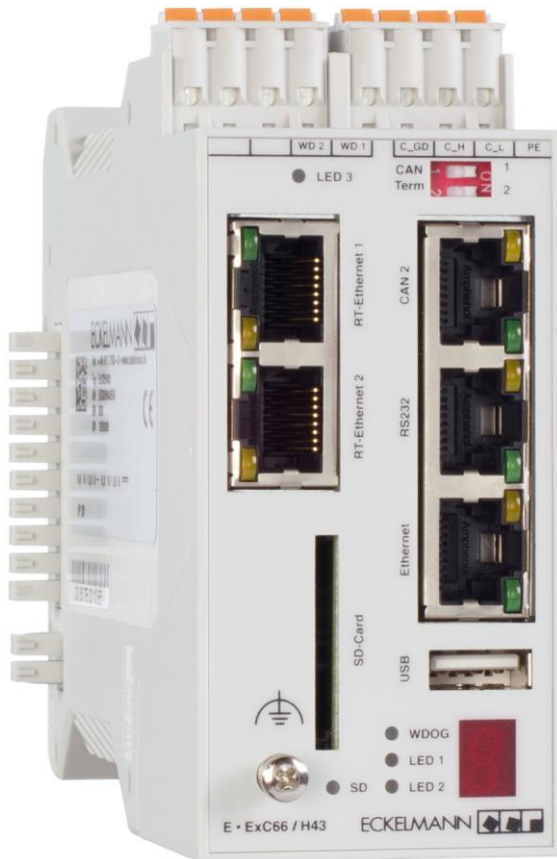
Das Alfred-Jensch-Teleskop hat eine parallaktische Gabelmontierung. D.h. es wird auf den Standort eingestellt, so dass eine Achse genau parallel zur Erdachse ausgerichtet ist. Die Stundenachse ist zum Horizont um den Winkel der geografischen Breite des Beobachtungsortes geneigt und zeigt exakt auf den Polarstern. Dazu senkrecht ausgerichtet ist die Deklinationsachse, die auf den Himmelsäquator zeigt. Neigt man sie, kann man die entsprechenden Himmelskoordinaten des zu beobachtenden Objekts ansteuern. Dieser Aufbau hat den Vorteil, dass man die durch Erdrotation bedingte scheinbare Bewegung des Beobachtungsobjekts über nur eine Achse, die Stundenachse oder Rektaszensionsachse, kompensieren kann. Das tonnenschwere Teleskop wird mit der Genauigkeit einer astronomischen Uhr nachgeführt. Die Nachführung ist notwendig, damit das erzeugte Bild auch über längere Belichtungszeiten nicht durch Bewegungsunschärfe „verschmiert“ wird.



Der Größenvergleich lässt die beeindruckende Größe des Alfred-Jensch-Teleskops erahnen. (Foto: Thüringer Landessternwarte, Tautenburg)

Modernisierung der Steuerung und Antriebsregelung

Die Erfurter Firma Rex Automatisierungstechnik hat Ende 2013 die Modernisierung der Steuerungs- und Antriebsregelung für das Teleskop abgeschlossen. Hierfür wurde eine hoch performante Motion-Steuerung E°EMC 66 der Eckelmann AG eingesetzt. Die Präzision der Bewegungssteuerung konnte dadurch signifikant optimiert werden. Ein überlagerter Linuxrechner berechnet die äußerst komplexen geräte- und erfahrungsbedingten Kompensationen bzw. Korrekturen (Schneckenfehler, Temperatur, Verbiegung des Teleskoptubus bei Neigung, Wellenlängenbereich, meteorologische Daten, Seeing, Bereiche der Linse etc.) und stellt die Transformationsmatrizen (Koordinaten des Beobachtungsobjekts) bereit.



Im Vergleich zum Teleskop ein Winzling, die E°EXC 66 Steuerung der Eckelmann AG. (Foto: Eckelmann AG)

Entscheidend für die präzise Ansteuerung der Motoren ist, dass der Leitreechner mit möglichst hoher Frequenz Rückmeldungen von der Steuerung und den Messinstrumenten über die aktuelle Position und Motorbewegungen erhält. Die Steuerung stellt den Wissenschaftlern dazu in Echtzeit alle relevanten Informationen bereit, via UDP-Datenaustausch (User Datagram Protocol). Die Steuerung fungiert gleichzeitig als Datenserver und Koordinator für die Kommunikation via CAN-Bus, UPD und seriellen Datenaustausch zwischen den im Gebäude verteilten 5 Bedieneinheiten plus dem Bedienrechner mit dem Teleskopsteuerungsprogramm für Korrekturen sowie dem Kamera-PC. Das Steuerungsprogramm überwacht ständig die Messwerte der 8 Antriebsregler und die aktuelle Position des Teleskops und passt in den Randbereichen rechtzeitig die Bewegungsgeschwindigkeit an.

Flexiblere und wartungsfreundliche Bedieninfrastruktur

Die bisherigen PC-basierten Bedienpulte wurden durch 5 hardwareidentische touchfähige HMI-Module ersetzt. Die HMI-Anwendung wird direkt auf der Steuerung ausgeführt. Über das Bedienpult können die Wissenschaftler und Techniker beispielsweise die Ausrichtung nachkorrigieren, ggf. in der Größenordnungen von 1/100.000 Grad. Die aktuelle Sternzeit wird angezeigt. Die Bedieneinheiten sind über das gesamte Gebäude verteilt und via CAN-Bus robust vernetzt (Buslänge ca. 100 m). Durch die HMI-Module konnte die Hardwarevielfalt deutlich reduziert werden, je nach Zweck des Bedienpults wurden bislang nämlich PCs mit unterschiedlicher Hard- und Software verwendet, die über RS485 kommunizierten. Dies hatte nicht nur den Nachteil, dass immer alle Busteilnehmer



verfügbar sein mussten, es mussten auch mehr Ersatz-PCs bereitgehalten werden und der Wartungsaufwand war ungleich höher.

Durch die neue Steuerungstechnik konnte die Präzision des Teleskops signifikant verbessert werden. All das wurde mit kostengünstigen Industriekomponenten (Steuerung, I/O-Module, Antriebsregler) umgesetzt, was eine hohe Verfügbarkeit des Teleskops garantiert. Durch die Vereinheitlichung der Kommunikation ist die Teleskopsteuerung zudem wesentlich wartungsfreundlicher geworden.

Fazit

Und so wird das Alfred-Jensch-Teleskop sicher noch viele Jahre dazu beitragen, dass Physiker in Tautenburg neue Erkenntnisse über die Entstehung des Universums und den Aufbau der Materie gewinnen können. Und eines Tages werden wir einige dieser Erkenntnisse vielleicht auch technisch wieder nutzen, um bessere Mikroprozessoren für Teleskopsteuerungen oder Quantenrechner mit unvorstellbarer Rechenkapazität zu bauen.

Kontakt:

Eckelmann AG

Berliner Straße 161

65205 Wiesbaden

Deutschland

Telefon: +49 (0)611 7103-0

E-Mail: info@eckelmann.de

Rex Automatisierungstechnik GmbH

Fichtenweg 36

99098 Erfurt

Deutschland

Telefon: +49 (0)36203 9591-0

E-Mail: info@rex-at.de