

# Die voll automatische Sternwarte : Fernsteuerung des Observatoriums Vermes

Autor(en): **Wildi, Markus / Zimmermann, Lukas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **66 (2008)**

Heft 346

PDF erstellt am: **29.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-897818>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die voll automatische Sternwarte

# Fernsteuerung des Observatoriums Vermes

■ Von Markus Wildi und Lukas Zimmermann

*In den vergangenen zwanzig Jahren wurden Technologien und Produkte entwickelt, welche die Arbeit der Amateurastronomen entscheidend erleichterten. Standen früher eher die Vorbereitungen im Zentrum, so ermöglicht die GoTo-Steuerung der Montierung ein sicheres Auffinden mehrerer Objekte am selben Abend. Eine CCD Kamera ist vor der Aufnahme präzise fokussierbar und man vermeidet Enttäuschungen, welche eventuell erst später nach der Entwicklung des Filmmaterials sichtbar wurden.*



Figur 1: Das Observatorium Vermes von Norden.

Wie jede andere praktische Tätigkeit setzt die Astrofotografie voraus, dass man den ganzen Ablauf im Auge behält, die Teilschritte aufeinander abstimmt und stetig perfektioniert. Der wiederholte temporäre Aufbau eines Teleskops kann in diesem Prozess zu einem Hindernis werden, welches sich nur durch den Aufbau einer festen Anlage überwinden lässt. Der Aufbau eines Observatoriums ist in jedem Fall ein beträchtlicher Mehraufwand, welcher aber neue Möglichkeiten eröffnet. Man kann zum Beispiel häufi-

ger beobachten, da der Aufbau entfällt und bei zweifelhafter Witterung das Dach schnell geschlossen ist. Ein Observatorium sollte an einem Ort aufgebaut werden, wo der Nachthimmel noch vergleichsweise dunkel ist. Damit werden die skizzierten Vorteile durch einen längeren Anfahrtsweg praktisch kompensiert.

Durch die rasante Entwicklung vor allem der Internet-Zugänge und ebenso der Computer-Hardware ist die Fernsteuerung eines Observatoriums zu moderaten Kosten

Wirklichkeit geworden. Die Fernsteuerung bedeutet, dass alle Vorgänge, welche früher manuell betätigt oder visuell geprüft wurden, durch einen Motor oder eine Kamera ersetzt werden müssen. Heutige Geräte sind über eine digitale Schnittstelle ansprechbar und die Aufgabe besteht nun zur Hauptsache darin, die verschiedenen Teile zu integrieren und wo nötig zu ergänzen.

## Das Observatorium Vermes

Arthur von Känel suchte einen Wohnort, welcher sich ebenfalls als Standort für ein Observatorium eignete und baute dieses im Jahre 2000 in Vermes im Kanton Jura auf. Er konnte den Turm mit Kuppel direkt an sein Haus anbauen (siehe Figur 1), was einen seltenen Glücksfall bedeutete. In der Kuppel befinden sich ein Teleskop und eine Montierung von Astro-Physics, welche sich für die fotografische Beobachtung von Galaxien und Nebeln bestens eignet. Die Kuppel der Firma Baa-der war mit einem steuerbaren Motor für die Drehung und einer Handkurbel für das Öffnen und Schliessen des Tors ausgerüstet. Arthur von Känel konnte so bis zu seinem Tode im Frühjahr 2004 routiniert fotografieren.

In diese Zeit fielen auch die ersten Planungen für ein «robotisches Teleskop», welches damals mehr als ein Ziel denn als Realität erschien. Arthur von Känel übergab das Observatorium Markus Wildi zur Nutzung. Es wurde bald klar, dass der sinnvolle Betrieb nur in Kooperation mit Lukas Zimmermann und weiteren Personen aufrecht zu erhalten war. Unser Wohnort ist Basel, und so setzten wir uns ernsthaft mit der Fernsteuerung des Observatoriums auseinander und begannen im Herbst desselben Jahres mit der Umsetzung.

## Umsetzung

Es stellte sich bald heraus, dass der ferngesteuerte Betrieb ein anderes Vorgehen als derjenige vor Ort erfordert. Es ist, als ob man die Vorgänge durch ein Schlüsselloch betrachtet, denn das meiste was man sieht, sind Messwerte der Sensoren. Unter diesen Umständen ersetzen Checklisten und feste Prozeduren die gewohnte Improvisation.



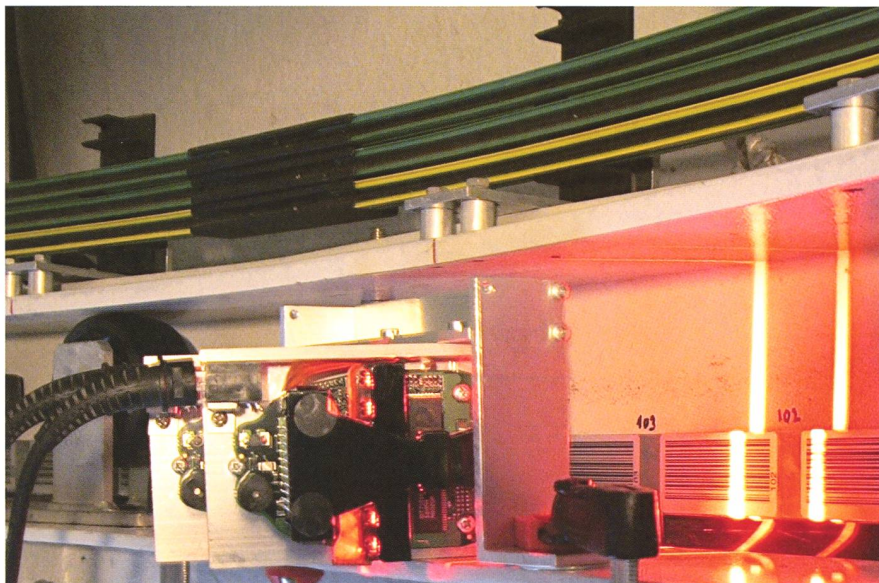
Die Entwicklung der Software Komponenten verschlang einen grossen Teil der Zeit, so dass wir bereits die Tests ohne die Möglichkeit eines manuellen Eingriffs durchführten. Wir wählten dieses Vorgehen um den ferngesteuerten Betrieb in kleinen Schritten zu erlernen und auch mit nicht vorhersehbaren Zuständen, wie zum Beispiel Unterbrüche der Internet-Verbindung, Erfahrungen zu sammeln. Um Schäden an den Geräten zu vermeiden, bauten wir mehrere Audio- und Video-Streams zur Kontrolle auf, welche wahlweise eingeschaltet werden können. Für die Übertragung aller Daten steht eine übliche ADSL-Verbindung mit einer Upload-Kapazität von 200 kb/s zur Verfügung. Die Verzögerung des Video-Streams konnten wir auf ca. zwei Sekunden reduzieren, so dass im Fehlerfall rechtzeitig der Abbruch einer Bewegung erfolgen kann.

Die Integration der verteilten Systeme erfolgte auf der Basis von INDI [1] und RTS2 [3]. Verteilt bedeutet in diesem Zusammenhang, dass sich mehrere unter Linux betriebene (Klein-) Rechner die verschiedenen Aufgaben, sei dies die Steuerung des Teleskops, der Kuppel oder der Wetterstation, teilen. INDI eignet sich ausgezeichnet für die Zusammenführung der Daten der einzelnen Komponenten und RTS2 hat die vollständig automatisierte Beobachtung inklusive der Datenreduktion und Teleskopsteuerung zum Ziel.

### Bestehende Komponenten

#### ■ Nachführkorrektur

Eine ausführliche Simulation [6] zeigte, dass ein Off-Axis-Nachführsystem für die hochauflösende Astrofotografie ungeeignet ist. Die Bewegungen der Feldsterne relativ zum Nachführzentrum sind umso grösser, je grösser der Abstand des Feld- vom Nachführzentrum ist. Die Nachführung wird deswegen mit einem Leitfernrohr korrigiert, dessen Achse parallel zum Teleskop ausgerichtet ist. Das Gerät STV von SBIG verfügt über einen Monitor mit einem Video-Ausgang und eine RS-232-Schnittstelle. Über diese Schnittstelle wird das Gerät gesteuert und die Bilder können auf diesem Weg ausgelesen werden. Das Auslesen der Bilder dauert verhältnismässig lange und deswegen digi-



Figur 2: Im Zentrum befinden sich die beiden umgebauten Strichcodeleser, rechts davon die auf dem Kuppelring angebrachten Strichcodes und oben ist ein Stück der Stromschiene sichtbar. Die Rolle links ist eine von vieren, welche das Gewicht der Kuppel trägt.

talisieren wir den Videoausgang mit einer TV Karte und bereiten diesen als Stream auf. Die Bedienung wird dadurch erleichtert und erfolgt nahezu in Echtzeit.

#### ■ Teleskop

Wie eingangs erwähnt, handelt es sich um eine Montierung mit einem Refraktor der Firma Astro-Physics. Der Controller der Montierung ist mit dem LX200 Protokoll kompatibel und lässt sich damit ohne grossen Aufwand über ein Netzwerk ansprechen. Der Controller enthält eine zusätzliche, für den Fernbetrieb wichtige Eigenschaft. Wurde das Teleskop einmal korrekt mit einem Stern synchronisiert, weiss der Controller auch nach dem Wiedereinschalten oder nach dem Umschlagen, auf welcher Seite sich das Teleskop relativ zur Montierung befindet. Stimmt diese Information nicht, dann bewegt man das Teleskop zum Beispiel vermeintlich in der positiven Deklinationsrichtung. In Wirklichkeit bewegt es sich, ohne dass man dies anhand der Anzeigen bemerkt, in die andere Richtung und eine Kollision mit der Säule ist im unbeaufsichtigten Betrieb unvermeidlich.

#### ■ Detektorsubsystem

Ein wirkliches Problem sind die Kabel, welche die Geräte am Teleskop mit Strom versorgen und die Daten zum Computer übertragen. Aus-

führliche Tests zeigten, dass die Bewegung der Montierung im Falle eines GoTo-Vorganges immer ausserhalb der Kollisionszonen verläuft und damit ist auch ein Verheddern der Kabel unwahrscheinlich, nicht aber ausgeschlossen, wie die Praxis zeigte.

Um die Anzahl der Kabel möglichst gering zu halten, beschafften wir die CCD Kamera, das Filterrad und den Fokussierer als Ganzes bei der Firma Finger Lake Instruments. Der kompakte mechanische Aufbau der drei Teile erhöht die Betriebssicherheit entscheidend. Die CCD Kamera verfügt über einen USB Hub und zwei Stecker für die Steuerung und die Stromversorgung des Filterrads und des Fokussierers. Mit diesem Aufbau reduzierte sich die Anzahl Kabel auf drei.

### Neue Komponenten

#### ■ Kuppel (Azimut)

Die Fernsteuerung für die Drehung der Kuppel war einfach umzusetzen. Die einzige fehlende Komponente war ein Frequenzumrichter, welcher sich über eine RS-232-Schnittstelle ansprechen liess. Wir wählten den Umrichter 650V der Firma SSD. Es stellte sich heraus, dass die Beschreibung der Befehle mangelhaft war und wir benötigten viel Zeit um dieses Gerät vernünftig



anzusteuern. Nachdem die Lösung einmal umgesetzt war, erwies sich das Gerät als zuverlässig.

## ■ Synchronisation

Heutige Lösungen für die Synchronisation des Kuppelspalts mit dem Teleskop sind meist an einen Kuppelhersteller gebunden und nicht allgemein verwendbar. Die Lösung besteht zur Hauptsache aus zwei handelsüblichen Strichcodelesegeräten (siehe Figur 2), bei welchen wir lediglich die bereits vorhandenen RS-232-Schnittstellen verkabeln mussten. Die Strichcodes selber fixierten wir an der tiefsten Stelle auf dem rotierenden Kuppelring.

Da jeder Strichcode eine eindeutige Kennung hat, ist das Auslesen einer absoluten Position in Grad möglich. Die über den Umfang verteilten 105 Strichcodes ermöglichen so eine Auflösung von ca. vier Grad, was für unseren Zweck nicht ausreichte. Deswegen betreiben wir die beiden Strichcodelesegeräte im Verbund und steigern so die Auflösung auf unter ein Grad.

Das Teleskop steuert die Kuppel direkt. Führt die Montierung nach oder wird das Teleskop mit einem GoTo-Befehl auf einen anderen Punkt eingestellt, folgt der Kuppelspalt dieser Bewegung mit einer Genauigkeit von ein bis zwei Grad.

## ■ Tor

Die konstruktiv anspruchsvollste Aufgabe war die Platzierung und der Einbau der Stromschiene (siehe Abb. 4). Diese Schiene ist nötig, da der Motor des Kuppeltors mit 230 V gespeist wird. Wir liessen die drei Schienen durch die Firma Vahle auf den Radius der Kuppel biegen und montierten diese mit L-förmigen Winkeln. Da der Stromabnehmer einen radialen Hub von nur ca. einem Zentimeter hat, musste der Ring genau zentriert werden. In der Vertikalen blieb unter einem Zentimeter Raum, sodass für die Montage des Stromabnehmers kaum Platz blieb. Auf der Kuppel montierten wir einen identischen Frequenzumrichter um das Tor in Bewegung zusetzen. Anders als bei der Drehung muss das Tor beim Öffnen oder Schliessen bei einem bestimmten Punkt anhalten, da die Kuppel sonst ernsthaft Schaden nimmt. Damit dies sicher gestellt ist, versahen wir die beiden Positionen mit einem induktiven und mit einem unabhängigen Endabschalter. Der induktive Schal-

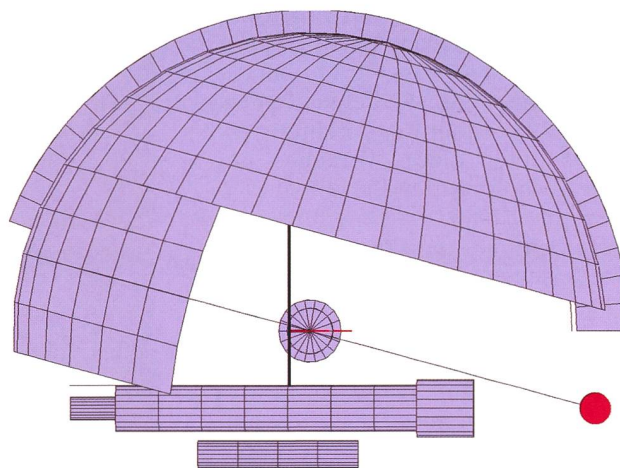
ter wird durch einen Computer ausgelesen und beim Erreichen der Sollposition schaltet dieser den Antrieb aus. Die Datenübertragung von diesem Computer zum Hauptrechner erfolgt über WLAN. Gäbe es diese heute so selbstverständliche Technologie nicht, so wäre der nachträgliche Einbau des Torantriebs mit einem beträchtlich höheren Aufwand verbunden.

## ■ Kollision

Ein auf einer Deutschen Montierung aufgebautes Teleskop, insbesondere ein Refraktor, kann unter manchen Umständen mit der senkrechten Säule kollidieren.

Es handelt sich nicht, wie häufig angegeben, nur um einen eng begrenzten Winkelbereich im Zenit. Beobachtet man ein Objekt mit einem Stundenwinkel zwischen 12h und 24h, dann befindet sich das Teleskop normalerweise auf der "Westseite" der Montierung. Genauer gesagt, zeigt die positive Deklinationsachse in die Richtung des beobachteten Stundenwinkels plus 90 Grad. In dieser Konfiguration sind immer Kollisionen zu erwarten, wenn der beobachtete Stundenwinkel zwischen 0h und 12h liegt. Basierend auf dem Artikel von Toshimi Taki [4] entwickelten wir einen Algorithmus, welcher eine allfällige Kollision berechnet.

Dies ist im Nachführmodus weniger wichtig, aber die Koordinaten eines neuen Objekts sollten immer geprüft werden, bevor ein GoTo stattfindet. Um in dieser Sache sicher zu gehen, entwickelten wir eine Simulation (Figur 5) und prüften danach die Rech-

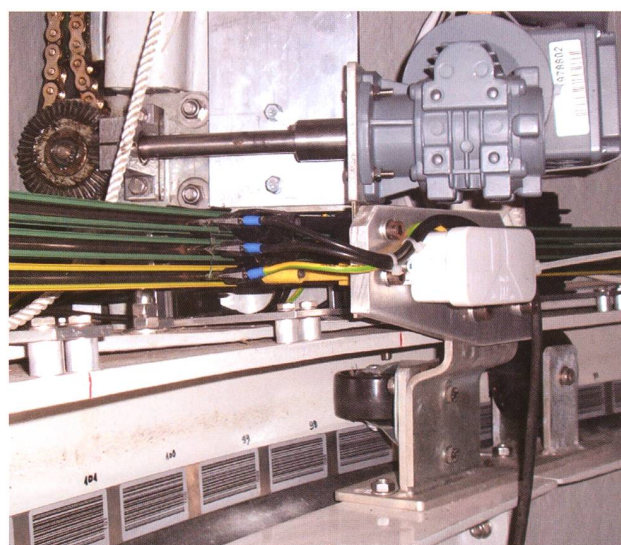


Figur 3: Die Abbildung zeigt einen Teil der Kuppel und das Teleskop von oben. Die schwarze Linie bezeichnet die Mitte des Spalts und der Schnittpunkt mit der optischen Achse ist rot eingezeichnet.

nungen erfolgreich mit dem Teleskop.

## ■ Exakte Ausrichtung der Stundenachse

Stellt man im ferngesteuerten Betrieb ein Objekt ein, dann kann man eventuelle Abweichungen nicht mit dem Sucherfernrohr oder mit einem Okular mit geringer Vergrößerung korrigieren. Deswegen ist die Ausrichtung der Stundenachse innerhalb enger Grenzen auf den Pol eine wichtige Voraussetzung, sodass das Teleskop ein Objekt sicher trifft. Basierend auf der Idee von E.S. King [2] entwickelten wir eine Methode [5] mit welcher sich die Abwei-



Figur 4: Rechts oben befindet sich der Motor des Torantriebs, darunter die Halterung der Stromabnehmer und die drei Schienen. Der Abstand vom Motor zur Oberkante der Halterung beträgt ca. 1 cm. Unterhalb der radialen Führungsrolle ist in der Vertikalen 2 cm Platz für die Strichcodes der Kuppelsynchronisation.



chung des Durchstosspunkts der Stundenachse mit der Sphäre zuverlässig messen und danach korrigieren lässt.

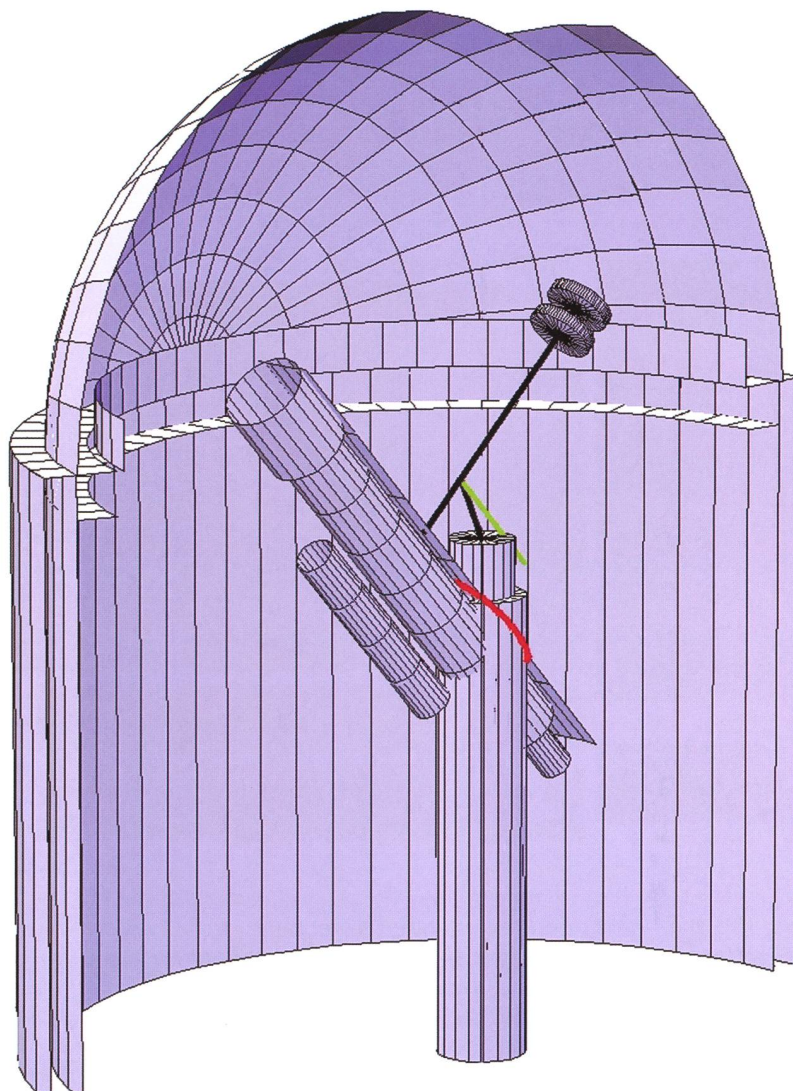
### ■ First remote light

Im Januar 2008 waren alle Komponenten bereit und wir konnten das Observatorium Vermes ein erstes Mal von Basel aus über das Internet fernsteuern. Da das Teleskop nach vielen Tests nicht mehr mit dem wirklichen äquatorialen System synchronisiert war, richteten wir das Teleskop so aus, dass beide Achsen horizontal waren. Das heisst, das Teleskop zeigt genau nach Süden, was einem Azimut von 180 Grad entspricht, und die Elevation der Deklinationssache betrug 0 Grad. Diese azimutalen Koordinaten rechneten wir in äquatoriale um und synchronisierten das Teleskop anschliessend. Da diese Methode nur auf etwa 1 Grad genau ist, stellten wir den Mond ein und fanden diesen nach kurzer Zeit. Mit dieser verbesserten Synchronisation fanden wir dann unter anderen der Reihe nach die Planeten Uranus und Mars und schliesslich den hellen Nebel M42 im Sternbild Orion.

### Zusammenfassung und Ausblick

In den vergangenen drei Jahren bauten wir das Observatorium Vermes für den ferngesteuerten Betrieb aus und zeigten, dass diese Konzepte der Praxis standhalten. Natürlich stehen wir noch am Anfang des regulären Betriebs und einige Komponenten, wie etwa der Wolken- oder der Regendetektor, müssen noch entwickelt werden.

Die hier vorgestellten (Teil-)Lösungen können zu vertretbaren Kosten nachgebaut und zum Beispiel an ein Observatorium mit Rolldach adaptiert werden, da die eingesetzten Antriebe und Sensoren durchwegs Industrieprodukte sind. Der grösste Teil der Arbeit betraf die Entwicklung der Betriebsprozeduren, der Software und der Dokumentation. Die Ergebnisse sind in allen Teilen öffentlich zugänglich [7] und insbesondere liegen für die Synchronisation der Kuppel und die Kollisionsdetektion allgemeine Lösungen in Form von Software vor, welche wir unter der GNU Public License (GPL) publizierten.



Figur 5: Simulation einer Teleskop-Säulen-Kollision weit weg vom Zenit. Das Teleskop ist auf den Pol ausgerichtet und Kollisionen finden in einem grossen Bereich des Stundenwinkels statt. Die Stundenachse ist grün eingezeichnet, Teile der Wände und die halbe Kuppel sind im Hintergrund sichtbar.

Die nächsten Schritte auf dem Wege zum autonomen robotischen Teleskop sind nun die Automatisierung des Ablaufes der Beobachtung inklusive der Datenreduktion und der Archivierung der so entstandenen Aufnahmen.

### ■ Markus Wildi

Drahtzugstrasse 46  
CH-4057 Basel

## Bibliographie

- [1] DOWNEY, E. C. und J. MUTLAQ: <http://indi.sourceforge.net>, 2004.
- [2] KING, E. S.: Annals of Harvard College Observatory, 41:154–187, 1902.
- [3] KUBANEK, P.: <http://rts-2.sourceforge.net/>, 2008.
- [4] TAKI, T.: <http://www.asahi-net.or.jp/~zs3t-tk/>, Februar 2004.
- [5] WILDI, M.: <http://leq.one-ar-csec.org>, Dezember 2003.
- [6] WILDI, M. und A. VON KÄNEL: Die Atmosphäre als Prisma. Sterne und Weltraum, S. 84–91, April 2008.
- [7] WILDI, M. und L. ZIMMERMANN: [https://azug.minpet.unibas.ch/wikiobsvermes/index.php/Main\\_Page](https://azug.minpet.unibas.ch/wikiobsvermes/index.php/Main_Page), 2005.