



## ISS mit dem Teleskop beobachten

Der zunehmende Ausbau der internationalen Raumstation ISS lenkt immer mehr die Aufmerksamkeit der Amateurastronomen auf dieses helle Objekt. Schon mit einem leistungsfähigen Feldstecher ist bei zenitnahem Überflug die "H"-förmige Struktur der Station gerade eben erkennbar. Da ist der Wunsch naheliegend, die ISS auch mit dem Teleskop zu beobachten. Doch nur wenige Teleskope sind auf Grund ihrer Mechanik und ihrer Steuerung wirklich geeignet einem so schnellen Objekt zu folgen. Dass unser großes Teleskop mit ÖPFM-Mechanik, richtig gelagertem Hauptspiegel und Stoll-Steuerung dazu gehört, wird den Kenner wohl kaum überraschen.

### Inhaltsverzeichnis

ISS mit dem Teleskop beobachten .....	1
Wie folgt man einem so schnellen Objekt mit dem Fernrohr.....	1
Methode 1: ISS-Durchgang vor Sonne oder Mond.....	1
Methode 2: vollkommen händische Nachführung .....	2
Methode 3: Rechnergesteuerte Nachführung in beiden Achsen, händischer Start der Nachführung und händische Korrektur der Restfehler.....	2
Methode 4: Rechnergesteuerte Nachführung in beiden Achsen, automatischer Start der Nachführung und automatische Korrektur der Restfehler.....	3
Die eigene Methode der Nachführung .....	4
Aufnahmeverfahren.....	6
Die weitere technische Entwicklung und Dokumentation .....	7
Ausblick .....	7

### Wie folgt man einem so schnellen Objekt mit dem Fernrohr

Bevor wir auf diese Frage eingehen, möchte ich hier für jene Leser eine einfache Möglichkeit der Beobachtung aufzeigen, die noch nie die ISS in ihrem Teleskop gesehen haben. Man folgt ihr nämlich gar nicht. Man positioniert sein Teleskop nur auf einen Punkt der Satellitenbahn, schaut zum richtigen Zeitpunkt durch das Okular und wartet dass sie durch das Gesichtsfeld huscht. Wegen der schnellen Umlaufzeit und der Ungenauigkeiten in der Berechnung der ISS-Bahn, empfehle ich dieses Verfahren nur am Anfang oder Ende des ISS-Überfluges bei geringer Höhe über dem Horizont anzuwenden. Das Vergnügen so die ISS zu sehen ist länger (etwa eine Sekunde) und die Trefferwahrscheinlichkeit ist höher, dafür sieht man leider weniger Details. Hat das einmal geklappt, so kann man sich bei der Höhe immer noch steigern. Ausgangspunkt sind die aktuellen Bahnelemente (TLE=two line elements) aus dem Internet. Man erhält sie bei [www.celestrak.com](http://www.celestrak.com), bei [www.space-track.org](http://www.space-track.org), bei [www.haevens-above.com](http://www.haevens-above.com) oder bei [www.calsky.de](http://www.calsky.de). Daraus wird die aktuelle Ephemeride bezogen auf den eigenen Standort berechnet (eine aus Zeitpunkten und Himmelskoordinaten bestehende Tabelle). So etwas kann jedes bessere Planetariumsprogramm erledigen. In unserem Artikel zur Beobachtung geostationärer Satelliten haben wir diese Vorgangsweise für Guide8 im Detail beschrieben. Wer kein ausreichend genaues Goto-Teleskop sein eigen nennt, muss es mit der An-näherung der Satellitenbahn an händisch im Teleskop einstellbare Objekte versuchen. Dazu geeignete Objekte (Sterne) ermittelt ebenfalls das Planetariumsprogramm, indem man sich dort die Satellitenbahn einzeichnen lässt. Eine Veränderung des eigenen Standortes kann dabei behilflich sein, wenn sich ein besserer Standort mit dem Planetariumsprogramm finden lässt.

Um die ISS mit einem Teleskop auch zu fotografieren gibt es 4 Methoden:

#### Methode 1: ISS-Durchgang vor Sonne oder Mond

Methode 1 ähnelt dem zuvor beschriebenen, einfachen Verfahren. Fast jedes zur Sonnenbeobachtung geeignete Teleskop kann die ISS beim Durchgang vor der Sonnenscheibe fotografieren. Der Trick ist die extrem kurze Belichtungszeit, mit welcher sich die Bewegungsunschärfe der ISS weitgehend einfrieren lässt. Der Vorgang

läuft jedoch in einem Bruchteil einer Sekunde ab, sodass man nur mit vielen Bildern in Serie die ISS auch scharf abbilden kann. Video bietet sich an. Aus dem gleichen Grund wird beim Durchgang der ISS vor der Mondscheibe ein großes lichtstarkes Teleskop benötigt und selbst dann kommt man nur schwer zu ausreichend kurzen Belichtungszeiten. Leider sind die Durchgänge relativ selten und der Beobachter muss schon längere Autofahrten auf sich nehmen um geographisch in die Gegend zu kommen, wo so etwas sichtbar ist. Angaben zu diesen Örtern und den Zeiten finden sich unter [www.calsky.de](http://www.calsky.de)

Thierry Legault aus Frankreich hat sich mit derartigen Bildern einen Namen gemacht. Mit transportablem Teleskop ist er gegenüber uns im Vorteil. Dieser bekannte Astrofotograf hat später auch eine rechnergesteuerte Nachführung für Satelliten entwickelt (Methode 3 oder 4). So sind ihm 2011 Schnappschüsse von seltenen Vorgängen auf der ISS gelungen. Leider macht auch er aus seinen Methoden (so wie andere auch) eine Geheimwissenschaft, obgleich er darüber in Sky&Telescope und im Fernsehen berichtet hat. Möglicherweise hat er sich auf unserer Homepage Anregungen dazu geholt.

## Methode 2: vollkommen händische Nachführung

Ein Sucher am Teleskop wird während des ISS-Überfluges visuell als Leitrohr verwendet. Gut austarierte Amateurfernrohre können mit geeigneten (gut justierten) Suchern bei offener Klemmung mit viel Übung händisch so bewegt werden, dass die ISS wenigstens für kurze Zeitabschnitte durch das Gesichtsfeld des Teleskops huscht. Eine ständig laufende Videokamera löst diese Augenblicke dann in viele Einzelbilder auf, von denen einige ganz gut brauchbar sein mögen. Beispiele dazu finden sich unter folgenden Links (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

Ulrich Beinert:	<a href="http://www.analemma.de/deutsch/iss02.html">http://www.analemma.de/deutsch/iss02.html</a>
David Cash:	<a href="http://www.djcash.demon.co.uk/astro/webcam/spacecraft.htm">http://www.djcash.demon.co.uk/astro/webcam/spacecraft.htm</a>
John Locker	Link leider nicht mehr auffindbar
Ralf Vandenberg:	<a href="http://space.cweb.nl/ralf_special.html">http://space.cweb.nl/ralf_special.html</a>
Sandro Boschetti:	<a href="http://n.ethz.ch/student/sandros/">http://n.ethz.ch/student/sandros/</a>
Oliver Stiehler:	<a href="http://www.wstiehler.de/Astrocat/ISS.html">http://www.wstiehler.de/Astrocat/ISS.html</a>
Mario Weigand	<a href="http://www.skytrip.de/iss-beob.htm">http://www.skytrip.de/iss-beob.htm</a>
Klaus Hohmann	<a href="http://astrofotografie.hohmann-edv.de/aufnahmen/exoten.php">http://astrofotografie.hohmann-edv.de/aufnahmen/exoten.php</a>
Gerhard Dangel	<a href="http://www.dangel.at/2007/sts117/sts117.htm">http://www.dangel.at/2007/sts117/sts117.htm</a> und <a href="http://www.dangel.at/2008/iss/sts122.htm">http://www.dangel.at/2008/iss/sts122.htm</a>

Es ist schon erstaunlich wie viel man mit dieser Methode erreichen kann. Mannigfaltig sind die Ideen der Kollegen zu den verwendeten Suchern bzw. Leitrohren. Sie reichen vom „Besenstiel“ über LED-Visiere bis zum Zielfernrohr. Als Übungsobjekte für die geforderte Handfertigkeit kann man hochfliegende Passagierflugzeuge mit dem Teleskop verfolgen.

Recht nette Bilder von der ISS macht auch Dirk Evers <http://www.astroewers.de/indexbnau.htm> mit einem 5“-Refraktor, ohne jedoch sein Teleskop oder gar die Aufnahmemethode näher zu beschreiben.

## Methode 3: Rechnergesteuerte Nachführung in beiden Achsen, händischer Start der Nachführung und händische Korrektur der Restfehler

Dabei wird versucht die Teleskopsteuerung dazu zu bringen, dem Satelliten einigermaßen genau zu folgen. Ausgangspunkt sind die aktuellen Bahnelemente TLE aus dem Internet. Daraus wird die Ephemeride bezogen auf den eigenen Standort berechnet. Mit diesen Daten hat eine Software das Teleskop zu steuern. Das Hauptproblem ist dabei die Ungenauigkeit der Bahnelemente, selbst wenn diese noch so aktuell sind. Der Beobachter muss deswegen die Nachführung händisch starten und die erheblichen Restfehler durch manuelles Guiding mit den Feinbewegungstasten ausgleichen. Was nun die Teleskopsteuerung betrifft, da gibt es zunächst die mancherorts empfohlene Satellite-Tracker Software (früher <http://www.heavenscape.com/>) die lange Zeit nur noch über eine yahoo-group erhältlich war:

<http://tech.groups.yahoo.com/group/satellitetracker/files/>.

Momentan ist die Software leichter frei herunterladbar unter

<http://www.astronomylog.co.uk/files/satellite-tracker.zip>

Sie arbeitet mit gängigen Protokollen käuflicher Goto-Teleskope, wie LX200 oder Nexstar. Beispielsweise mit der Kommandosprache LX200-Classic ist die Satellitenverfolgung nur durch eine andauernde Folge von Positionierbefehlen möglich. Die Hoffnung, dass damit das Teleskop in beiden Achsen mit den gewünschten Geschwindigkeiten nachführt, stellt sich aber oft als trügerisch heraus und endet in einem aussichtslosen Unterfangen.

Mit dem erweiterten Kommandosatz (Lx200GPS von Meade) geht es offensichtlich etwas besser, doch können auch da Eigenbewegungsvektoren nicht sauber definiert werden und die Feinbewegungsgeschwindigkeiten für die 4 Richtungstasten müssen in der Not als Ersatz herhalten. Viele andere, bei Amateurastronomen gebräuchlichen Teleskopsteuerungen (Stand 2008) sind in dieser Beziehung ebenso schwächlich. Kein Wunder wenn so mancher Sternfreund in Versuchung kommt, die Steuersoftware selbst zu schreiben oder doch lieber händisch nachführt. Beispiel für die Anwendung von Satellite-Tracker:

Martin Fiedler & Thomas Böhme [http://www.astroclub-radebeul.de/digitales/satelliten/juli03/iss\\_X303.html](http://www.astroclub-radebeul.de/digitales/satelliten/juli03/iss_X303.html)

Von Meade selbst gibt es auch eine Satelliten-Nachführung als Bestandteil der „Auto-Star“ Teleskopsteuerung. Angesichts der großen Verbreitung von Meade-Teleskopen sollte man doch annehmen, dass jetzt jede Menge toller Meade-made ISS-Bilder oder Videos im Internet zu finden sind. Weil das aber nicht der Fall ist, dürfte die Sache mit „Auto-Star“ doch nicht ganz so einfach sein wie bei uns. Immerhin findet man im Übertragungsprotokoll für Celestron-Nexstar Teleskope die Möglichkeit, Geschwindigkeitsvektoren für die Motoren direkt in beiden Achsen zu definieren. Bei Celestron-Nexstar ist (im Gegensatz zu Meade) das Satellitentracking jedoch nicht in der Firmware implementiert (Stand 2011). Man ist daher auf Eigenentwicklungen von Anwendern angewiesen. Trotzdem sind in Youtube einige, wenn auch ziemlich verwackelte Videos zu finden, die mit Nexstar-Teleskopen erstellt wurden. Über Details ihrer Entstehung schweigen sich die Macher aus.

#### **Methode 4: Rechnergesteuerte Nachführung in beiden Achsen, automatischer Start der Nachführung und automatische Korrektur der Restfehler**

Philip Masding und Mike Tyrrell weisen auf ihrer Website <http://www.zen32156.zen.co.uk/iss.htm> auf einen automatischen Guider für Satelliten hin.

Weiters gibt es gut betuchte Kollegen und Vereine, die sich richtig "Dicke Dinger" aufstellen lassen (RC-Teleskope von 63cm bis 80cm Öffnung oder 1m-Cass.) welche mit einer aufwendigen Teleskopsteuerung geliefert werden. Derartige Steuerungen bieten dann deutlich mehr Möglichkeiten als LX200 basierende, wodurch die Entwicklung einer Tracking-Software vereinfacht wird. Trotzdem haben manche Kollegen bereits viele Jahre in die Programmierung investiert. Teilweise ist auch hier ein automatischer Guider im Einsatz (genauere Angaben oder gar eine verwertbare Beschreibung der Verfahren sucht man leider vergeblich). Beispiele dazu sind (ohne Anspruch auf Vollständigkeit):

Toyama Astronomical Observatory <http://www.tsm.toyama.toyama.jp/curators/room/satellite/index.htm>

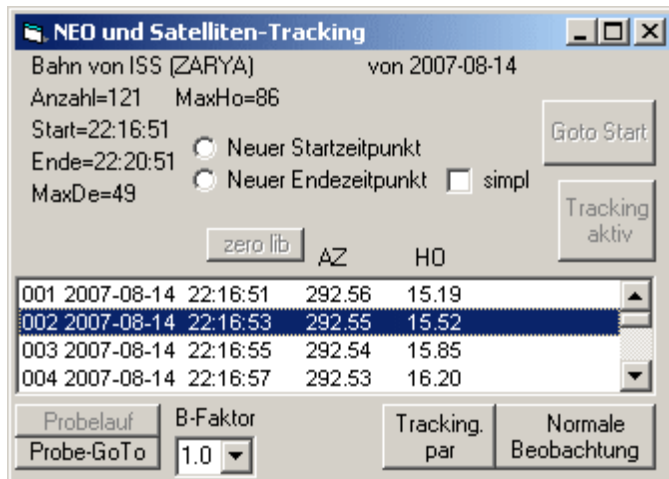
Huber, Lindemann, Nagel <http://www.tracking-station.de/ts/station.html>

Ron Dantowitz & Marek Kozubal <http://www.claycenter.org/> oder <http://apod.nasa.gov/apod/ap070628.html>

Später dann auch Thierry Legault <http://www.legault-perso.sfr.fr/satellites.html>.

Die ISS-Bilder von Dantowitz & Kozubal gehören zu den besten die man finden kann. Sie sind auf vielen namhaften Seiten im Internet zu sehen. Neben einer ordentlichen instrumentellen Ausrüstung ist dabei auch eine extensive Bildverarbeitung mit im Spiel, mit der sich die Autoren schon seit etlichen Jahren auseinandersetzen. Das Lucky-imaging genannte Verfahren (siehe [http://en.wikipedia.org/wiki/Lucky\\_imaging/](http://en.wikipedia.org/wiki/Lucky_imaging/)) beruht auf selektiver Auswahl scharfer Einzelbilder einer High-Speed-Kamera. Angesichts einer erzielten Auflösung von ca. 0,1 Bogensekunden in den besten Bildern (das kann jeder selbst in den veröffentlichten Bildern nachrechnen), die laut Angaben der Autoren mit einem 63cm RC aufgenommen wurden, bleiben sie in Fachkreisen nicht ganz unumstritten. Auf jeden Fall sind diese Aufnahmen ein Ansporn für alle, die sich der ISS-Fotografie widmen.

## Die eigene Methode der Nachführung



Die für ein exaktes Timing notwendige Funkuhranbindung gibt es ja schon seit Jahren in der eigenen Sternwarte, womit eine notwendige Voraussetzung für diese schnellen Objekte schon mal erfüllt ist. Da unser 50cm-Teleskop über das neue Leitsystem auch die LX200-Sprache versteht, könnten wir auch die Satellite-Tracker-Software einsetzen. Wir haben diese Software jedoch gleich aus den oben aufgezählten Gründen als unzureichend eingestuft. Jetzt wollten wir jene Kollegen um Rat fragen, deren Erfolge beweisen, dass sie offenbar schon bessere Lösungen gefunden haben. Eine entsprechende Email-Anfrage bei Herrn Tobias Lindemann von <http://www.tracking-station.de/> blieb leider

unbeantwortet. Daraufhin sind wir bald unsere eigenen Wege gegangen und haben innerhalb nur eines Jahres selbst eine brauchbare Satellitennachführung auf die Beine gestellt.

Zur Zeit kann man unsere Vorgangsweise noch unter "Methode 3" einordnen. Trotzdem haben wir eine Besonderheit. **Wir kommen ohne Leitrohr aus.**

Wenn mir im Moment auch keine unmittelbare wissenschaftliche Verwendbarkeit derartiger Satellitenbeobachtungen einfällt, so waren für uns die technischen Herausforderungen dies mit unserem großen Teleskop zu meistern, ein verlockendes Motiv. Insbesondere dadurch, dass beginnend bei der Teleskopmechanik über die Antriebselektronik bis zur Software der Teleskopsteuerung jetzt alles in unserer eigenen Hand ist - im Gegensatz zu fast allen anderen Kollegen. Die Veröffentlichung von Fotos ist bei uns eigentlich nur Nebensache.

Die polnahen Bahnen der Satelliten stellen dabei einen hohen Anspruch an die Steuerung eines äquatorial montierten Teleskops. Hier sind enorme Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in der Stundenachse erforderlich, um beim Nordpol wenigstens im Abstand von 10-15° vorbeizukommen. Die gesamte PID Reglereinstellung der Motoransteuerung wird dazu je nach Bahnlage automatisch optimiert und neu parametrisiert.

Bahnen die ganz knapp am Pol vorbeiführen, können hingegen mit einem durch die Gabel durchgeschlagenen Tubus über den Nordpol hinweg verfolgt werden. Das ist nur deswegen möglich, weil unsere Teleskopsteuerung einen solchen Betriebszustand auch richtig verwaltet. Wir haben festgestellt, dass viele der käuflich erwerblichen Goto-Systeme (für Gabelmontierungen und „einarmige Banditen“) dabei hilflos überfordert sind.

Für die besonders eindrucksvollen, zenitnahen Bahnen ist übrigens eine äquatoriale Gabelmontierung genau das Richtige. Das zur Satellitenverfolgung vollkommen unbrauchbare Umschlagen der deutschen Montierung fällt weg und es sind keine so hohen Geschwindigkeiten und Beschleunigungen erforderlich wie bei einer azimutalen Gabelmontierung.

Die maximale Drehgeschwindigkeit der Sternwarkuppel muss zur Verfolgung solcher Bahnen ebenfalls ausreichend hoch sein. Der Frequenzumrichter unseres Kuppelmotors konnte entsprechend umgestellt werden.

Wir hatten es freilich etwas leichter als die meisten Kollegen, den wir haben an unserem großen Teleskop immer schon eine professionelle Steuerung verwendet. 2006 haben wir begonnen, die für Kometen vorgesehene Fähigkeit der Stoll-Teleskopsteuerung (siehe [http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/bau\\_rc50\\_5.pdf](http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/bau_rc50_5.pdf)), Himmelsobjekte in beiden Achsen mit ihrer Eigenbewegung nachzuführen, zur Beobachtung von Satelliten zu missbrauchen. Die ersten Versuche waren vielversprechend, die mögliche Anzahl dieser Eigenbewegungsvektoren war jedoch stark eingeschränkt. **Das SDK zur Teleskopsteuerung wurde uns nun freundlicherweise von Dr. Manfred Stoll unentgeltlich zur Verfügung gestellt, wofür wir uns hier herzlich bedanken.** Seit etwa einem Jahr sind wir durch das SDK nun in der Lage, die Teleskopsteuersoftware nach Stoll neu unter DOS zu übersetzen und damit die Einschränkungen zu überwinden.

**Und nun sagen wir auch offen heraus, wie es bei uns gemacht wird (ohne die Geheimiskrämerei anderer Kollegen):** Ausgangspunkt zur Steuerung des Teleskops bilden die Ephemeriden der Satellitenbahn, wie sie ein Planetariumsprogramm (bei uns Guide8) berechnen kann. Man hat also eine Tabelle von Satellitenpositionen

(Rektaszension und Deklination) für aufeinanderfolgende Zeitpunkte (beispielsweise alle 2 Sekunden). Da kommt man schnell auf die Idee, aus den Positionsdifferenzen benachbarter Zeitpunkte Nachführgeschwindigkeiten für beide Teleskopachsen abzuleiten. Allerdings wird dazu bei uns auch die Beschleunigung des Teleskops exakt mit eingerechnet (sie ist bei unserem Teleskop eine parametrierbare Größe, die von der Steuerung sehr genau eingehalten wird). Die berechneten Eigenbewegungs-Geschwindigkeiten sind damit geringfügig höher als es den Positionsdifferenzen benachbarter Zeitpunkte aus der Ephemeridentabelle entspricht. **Das war der Trick, darum funktioniert das Verfahren bei uns so gut.** Jetzt mussten wir nur noch den entsprechenden Datenaustausch zwischen Guide8 und der Stoll-Teleskopsteuerung herstellen. Als Schnittstelle zwischen beiden Programmen fungiert unser selbst programmiertes Sternwarten-Leitsystem. Es erledigt die Ermittlung der Geschwindigkeitsvektoren sowie der anderen Parametrierdaten für die Stoll-Teleskopsteuerung und stellt das notwendige Timing her (CountDown und Sprachausgabe für das „Einfangen“ des Satelliten durch aktivieren der Eigenbewegungsnachführung und Umschalten der vorausberechneten Geschwindigkeiten während des Satellitenüberfluges).

Mit Hilfe unseres Sternwarten-Leitsystems haben wir es durch nur kleine Änderungen in der Stoll-Teleskopsteuerung geschafft, einer Satellitenbahn mit dem Teleskop rechnergesteuert so genau zu folgen, dass nach vielleicht 100 bis 300 gesteuerten Geschwindigkeitsvektoren am Ende der Verfolgung (wohlgemerkt ohne Guiding) im Modus „Probelauf“ zur Zeit nur ein Unterschied von 1 bis 2 Winkelgraden zwischen der tatsächlichen Stellung des Teleskops und der vorausberechneten Bahn verbleibt. Vorbehaltlich einer genaueren Untersuchung der Ursache für diesen Fehler liegt die Vermutung nahe, dass es sich um Ungenauigkeiten beim Timing handelt, denn das Timing erfolgt bei uns derzeit unter Windows. Fehler bei der Wahl des Startzeitpunktes für die Sat-Nachführung haben die gleiche Wirkung. Trotzdem sind alle diese Fehler oft kleiner wie die Ungenauigkeiten der Bahnberechnung durch mangelhafte Bahnelemente, selbst wenn die aktuellsten TLE-Daten aus dem Internet zur Berechnung der ISS-Bahn herangezogen werden. Obendrein sind die von uns verwendeten TLE häufig gar nicht so aktuell, da wir vor Ort an der Sternwarte noch keinen Internet-Anschluss haben.

Alle Restfehler können nur mit Guiding ausgeglichen werden. Sie sind aber schon klein genug um **ohne Leitrohr** auszukommen, selbst bei unserer Brennweite von 4m. Momentan erfolgt die Nachführkorrektur manuell im Okular des Winkelsuchers meiner DSLR-Kamera, so wie in alten Zeiten, als man einen Leitstern im Fadenkreuzokular zentrieren musste. Selbstverständlich werden auch die Guiding-Geschwindigkeiten bei uns achs-spezifisch dynamisch während des Satellitenüberfluges verändert. Abhängig von der jeweiligen Satellitenposition und der Deklination. All das ist bei einer professionellen Teleskopsteuerung eben möglich und für den Anwender zugänglich.

Alternativ zum Okular setzen wir auch den selbst entwickelten elektronischen DSLR-Sucher (siehe <http://www.harpoint-observatory.com/deutsch/eigenbau/dslr-sucher.pdf>) ein. Damit erspart man sich einiges an Halsverrenkungen und Astro-Akrobatik und nimmt die Nachführkorrektur am Teleskop-Leitstand vor. Dabei kommt bei uns ein kleiner Kontrollmonitor mit Bildröhre zum Einsatz. Im Gegensatz zur Videowiedergabe am Rechner erfolgt die Darstellung dabei verzögerungsfrei, denn jede Verzögerung beeinträchtigt die Nachführkorrektur erheblich.

Mit ein wenig Übung gelingt es meist den Satellit während seines Überfluges nicht nur dauernd im Gesichtsfeld sondern ziemlich genau in der Bildmitte zu halten. Somit sind wir in der Lage, die ISS auch in der Dämmerung, durch ein lockeres Feld von Schäfchenwolken hindurch, ja sogar tagsüber zu beobachten. **Damit gehören wir unter den Amateuren weltweit zu den Ersten, die durch das Teleskop eine brauchbare Aufnahme von der ISS mit dem blauen Tageshimmel im Hintergrund gemacht haben.** Wegen der Beleuchtungsverhältnisse der ISS sind Tagesbeobachtungen jedoch oft auf den Vormittag beschränkt. Die ISS muss einen gewissen Abstand zur Sonne halten, wenn sie sichtbar bleiben soll. Am Nachmittag ist die ISS selbst im großen Teleskop meistens zu lichtschwach um sie auffinden zu können, wenn sie in Horizontnähe auftaucht. Der Verzicht auf ein Leitrohr setzt eine gewisse Mindestgenauigkeit der vorhergesagten TLE-Bahnelemente voraus. Bahnanhebungen oder Ausweichmanöver der ISS, die in den veröffentlichten TLE-Daten noch nicht berücksichtigt sind, können dazu führen, dass die Raumstation auch in geringer Horizonthöhe nicht mehr an der Stelle im Gesichtsfeld des großen Teleskops auftaucht, an der wir sie laut Bahnberechnung erwarten. In diesen Fällen sind jene Kollegen im Vorteil, die doch ein Leitrohr mit deutlich größerem Gesichtsfeld verwenden und ihr Teleskop vollkommen händisch bewegen (Methode 2). Tagsüber wird so ein Leitrohr vermutlich auch nicht viel nutzen. Trotzdem könnte es einen Versuch wert sein und die Liebhaber von Methode 2 sind hiermit aufgerufen es doch mal zu probieren. Vielleicht hat der Eine oder Andere die Ausrüstung für Tagesbeobachtungen der ISS, ohne es zu wissen.

Zur Zeit (seit 2008) erfordert die Beobachtung der ISS bei uns eine regelrechte Teamarbeit: Einer von uns sitzt am Leitstand des Teleskops (siehe nachfolgendes Bild) und tätigt die Startvorbereitungen. Dazu gehören die Berechnung der Bahnephemeriden und der Nachführ-Geschwindigkeitsvektoren (ist in 2 Minuten erledigt) sowie

die Positionierung des Teleskops auf den gewählten Startpunkt der Nachführung. Der Zweite blickt durch den Kamerasucher und hat die Aufgabe, beim Erscheinen der ISS die Satelliten-Nachführung zu starten und die Nachführkorrekturen vorzunehmen. Er wird dabei vom Leitsystem durch das akustische Count-Down unterstützt. Ein automatischer Start der Nachführung zum vorausgerechneten Zeitpunkt hat sich wegen der Bahnfehler meistens als zu ungenau erwiesen. Währenddessen kümmert sich der Erste um die Belichtungen der Kamera. Der Dritte hat für die richtige Drehung der Sternwarten-Kuppel zu sorgen. Es ist zwar viel Arbeit, aber es macht richtig Spaß, wenn alles so schön funktioniert.



Das Bild zeigt den Arbeitsplatz in der Sternwarte. Hier ist sowohl die Stoll'sche Teleskopsteuerung als auch unser umfassendes Sternwarten-Leitsystem bedienbar (letzteres wäre auch Remote möglich, allerdings nicht bei der ISS-Beobachtung). Links der kleine Röhrenmonitor für manuelles Satellitenguiding.

## **Aufnahmeverfahren**

Hier kristallisieren sich 2 Methoden heraus

- High-Speed Videokameras oder DSLR-Kameras mit HD-Videofunktion
- Einzelbilder mit DSLR-Kameras

Die meisten ISS-Freaks verwenden High-Speed Kameras. Sie haben einen elektronischen High-Speed Shutter mit echten Belichtungszeiten bis zum Minimum von 1/10000 Sekunde, das mit sogenannten „Interline Transfer“ CCDs erreicht wird. Mit lichtstarker Optik und einem so hellen Objekt wie der ISS lassen sich die kurzen Zeiten durchaus verwenden. Die Kameras haben jedoch normalerweise nur recht kleine Bildaufnehmer, was den Einsatz von Webcams problematisch macht. Umso genauer muss die Nachführung sein, damit das Objekt der Begierde ausreichend lang im Bild bleibt. Andererseits gewinnt man aus einem Video schon zahlreiche Einzelaufnahmen, selbst wenn es nur kurz gelingt die ISS im Bild zu halten. Möglicherweise lassen sich scharfe Einzelaufnahmen mit einigem Aufwand bei der Bildverarbeitung zu einem Gesamtbild überlagern. Die digitale Spiegelreflexkamera im HD-Videoformat hat den Vorteil des großen Bildaufnehmers. Er erlaubt größere Toleranzen bei der Nachführung, hat jedoch trotz HD nur eine geringe Auflösung im Vergleich zur Einzelbildmethode. Die Kameras lassen im Videomodus die dazwischen liegenden Pixel bei der Bildverarbeitung einfach aus. Die eigenartig fleckenhafte aussehenden ISS-Bilder mancher Kollegen kommen

vom „Undersampling“, einer zu geringen Auflösung bei der Aufnahme. Wenn schon nicht durch Worte, so verraten diese Kollegen mit der Präsentation solcher Bilder ihre Aufnahmetechnik. Eine Anpassung der Helligkeit des Satelliten kann im Livebild-Videomodus der DSLR-Kameras meist nur über die ISO-Einstellung erfolgen (diese „Filmempfindlichkeit“ entspricht einer Signalverstärkung). Sie muss während des Überfluges bisweilen händisch angepasst werden, was die Handhabung in der Praxis deutlich erschwert.

Kommt eine digitale Spiegelreflexkamera (DSLR) im Einzelbildmodus zur Anwendung, so kann diese selbst mit Serienbildeinstellung im Vergleich zum Video nur wenige Bilder aufnehmen. Der große Bildaufnehmer ist wieder von Vorteil (scheinbar mehr Toleranz bei der Nachführung), doch die hohe Auflösung macht diesen Vorteil wieder zunichte. Die ISS wird zwar viel häufiger (oder sogar ständig) im Bild sein, das nutzt aber nichts wenn die meisten Aufnahmen dann eine Bewegungsunschärfe aufweisen. Die Verschlusszeiten dieser Kameras mit mechanischem Verschluss reichen bis zu 1/8000 Sekunde herunter. Ob die Aufnahme auch scharf wird kommt aber auf den Winkel zwischen der Ablaufrichtung des Schlitzverschlusses (meist senkrecht von oben nach unten) und der Bewegung der ISS im Bild an. Laufen beide in die gleiche Richtung, dann ist für eine scharfe Abbildung nicht die Verschlusszeit sondern die Synchronzeit der Kamera maßgeblich (das ist die kürzestmögliche Verschlusszeit für Blitzaufnahmen, meist zwischen 1/60 und 1/250 Sekunde). Der Vorteil der DSLR-Kamera liegt bei der Möglichkeit, automatische Belichtungsreihen (Auto-Bracketing) anzufertigen, um auf die wechselnden Beleuchtungsverhältnisse während eines ISS-Überfluges besser reagieren zu können. An Verschlusszeiten sind in der Praxis nach unserer Erfahrung am 50cm-Teleskop Werte zwischen 1/500 Sekunde und 1/4000 Sekunde bei 1600 ASA einzustellen. Das Ergebnis: schon einzelne unbearbeitete Aufnahmen zeigen hier was Sache ist. Die in unserer Galerie dokumentierten Fotos bis 2012 sind solche, nur geringfügig bearbeitete Einzelaufnahmen.

### ***Die weitere technische Entwicklung und Dokumentation***

Die technische Entwicklung dazu ist bei uns noch lange nicht abgeschlossen, wir haben da noch etliche "Pfeile im Köcher" und laufend werden Verbesserungen erzielt. So können wir jetzt mit unserem neuen Prismenschienen - Befestigungssystem am 50cm-Teleskop doch auch einen Sucher montieren. Ob der bei der ISS-Fotografie hilfreich sein kann, wird sich erst erweisen. Sobald eine gewisse technische Konsolidierung eingetreten ist, werden wir unsere neuen Erkenntnisse wieder hier offenlegen, damit auch für andere Sternfreunde die rechnerunterstützte teleskopische Beobachtung der ISS keine "Geheimwissenschaft" mehr bleibt. Besonders einfach werden es da die Kollegen mit einem ÖPFM-Teleskop nach R. Pressberger und Teleskopsteuerung nach M. Stoll haben. Sie bringen die besten Voraussetzungen hinsichtlich der Teleskopmechanik, Spiegellagerung und der Steuerungstechnik mit. Hier zeigt sich, wer ein richtig gebautes Teleskop hat.

### ***Ausblick***

Von den bis jetzt erreichten Ergebnissen kann sich der Leser durch Ansehen unserer Galerie überzeugen. Dabei wird bei weitem nicht jeder ISS-Überflug von uns mit der Kamera festgehalten. Die visuelle Beobachtung im Okular ist auch nicht zu verachten. Es ist immer wieder erstaunlich, wie viele Details man an dem über hundert Meter großem Objekt ISS erkennen kann, selbst wenn es aus einer Entfernung zwischen 350km und 1000km beobachtet wird. Die scheinbare Drehung der Station, die der Beobachter aus seinem festen Standort während eines Überfluges beobachtet, die Änderung der Beleuchtungsverhältnisse und der Schatten gewisser Teile der Station, das helle Aufleuchten der Solarzellenträger, wenn sich das Sonnenlicht darin spiegelt, das langsame Eintauchen der ganzen Station in den Erdschatten und ihre weitere Sichtbarkeit im Teleskop während sie sich bereits im Erdschatten befindet und damit offiziell als „unsichtbar“ titulierte wird. Das sind schon faszinierende Beobachtungserlebnisse mit unserem 50cm-RC.

Übrigens, Anfragen dazu werden von uns gerne beantwortet.

© Sternwarte Harpoint 2007, 2008, ergänzt 2012. Autor: Dipl. Ing. Hans Robert Schäfer