

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Dr. Klaus Retzlaff, Astronomische Gesellschaft Magdeburg, (Stand: 11.4.2015)

Zusammenfassung: Am 17.2.2015 zwischen 0.55 Uhr und 2.01 UHR MEZ wurde, von Groß Ammensleben (Sachsen-Anhalt) aus, zunächst ein geostationäres Objekt mit geringer Eigenbewegung fotografisch festgestellt. Die Aufnahmen erfolgten mit einer modifizierten Canon Kamera bei ISO 1600 und Blende 2.2 mit einem 50mm Normalobjektiv. Die Belichtungszeit betrug 1 Minute mit einer Belichtungspause von 5 Sekunden. Eine Nachführung wurde nicht verwendet. Auf den Aufnahmen vor 0.55 Uhr und nach 2.01 Uhr war das Objekt nicht sichtbar. Es erschien plötzlich, bewegte sich innerhalb der Beobachtungszeit um etwas das 9.5-fache seiner scheinbaren Ausdehnung weiter und verschwand schließlich wieder. An drei darauf folgenden Nächten gelangen sowohl dem Autor als auch dem Sternfreund, René Neumann (Magdeburg, Beobachtung mit einem 70mm-Teleobjektiv), die wiederholte Beobachtung. Eine erste Vermessung unter Berücksichtigung möglicher fotografischer Überstrahlung lässt eine „unmögliche“ Größe des Objektes von rund 30 km zu. Die Aufnahmen suggerieren Strukturen. Zur Aufklärung ist eine Beobachtung mit stärkeren Vergrößerungen erwünscht.

Zum Zeitpunkt der Zweitbeobachtung, am 19.2.2015, um 0.57 Uhr MEZ, befand sich das Objekt im Sternbild Sextant und hatte die Koordinaten: Rektaszension **10:36:50.9**, Deklination **-3:04:34.0**.



Abbildung 1: Das Bild zeigt das Objekt am 19.2.2015, um 0.57 Uhr MEZ im Sternbild Sextant. Aufgenommen mit einem 50mm-Objektiv und einer Minute Belichtung, Blende 2.2, Empfindlichkeit ISO 1600 (Ausschnitt vom Original). Die blauen Markierungen an den drei Sternspuren markieren die Stützstellen für die Vermessung der Aufnahme.

Beobachtungshinweise



Die Beobachtungen konnten mehrfach reproduziert werden. Mit kleinen Objektiven ist es leicht, diese Beobachtungen zeitnahe nachzuvollziehen. Es sollte ab 23.00 Uhr begonnen werden. Zum Auffinden der richtigen Höhe schneide man sich ein rechtwinkliges Dreieck mit 6cm und 10cm Katheten-Länge aus Pappe zurecht. Dann neige man die Kamera so, dass die 10-cm-

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Kathete waagrecht zu liegen kommt. Auf dem 52. Breitengrad befinden sich dann die geostationären Satelliten in der Bildmitte – bei Südausrichtung. Das entspricht einer Höhe von rund 31° . Es werden Serienaufnahmen mit einer Minute Belichtung und 5 Sekunden Pause bei möglichst hoher Empfindlichkeit angefertigt. Diese Aufnahmen können später leicht, z.B. mit Windows Live Movie Maker, zu einem Film zusammengefügt werden. Dabei sollte unter dem Punkt „Bearbeitung“, die Bilddauer von 0,04 oder 0,08 Sekunden als Einstellungen Verwendung finden.

Beobachtungsphänomen

Dann ist das folgende Phänomen zu beobachten. Gegen ca. 0.15 MEZ werden die geostationären Satelliten als Punktquellen aufgeheilt, die sich relativ exakt in der Äquatorebene bewegen. Mit zunehmendem Sonnenstand – aus Sicht der Südhalbkugel – werden nördlichere Satelliten aufgeheilt – relativ hell treten dann die genannten rätselhaften flächigen Objekte hervor. Das zeitliche Auftreten verändert sich, da die Jahreszeit fortschreitet. Möglicherweise ist dieses Phänomen nicht mehr lange oder erst wieder im nächsten Winterhalbjahr beobachtbar. Hier einige Beispielbilder:

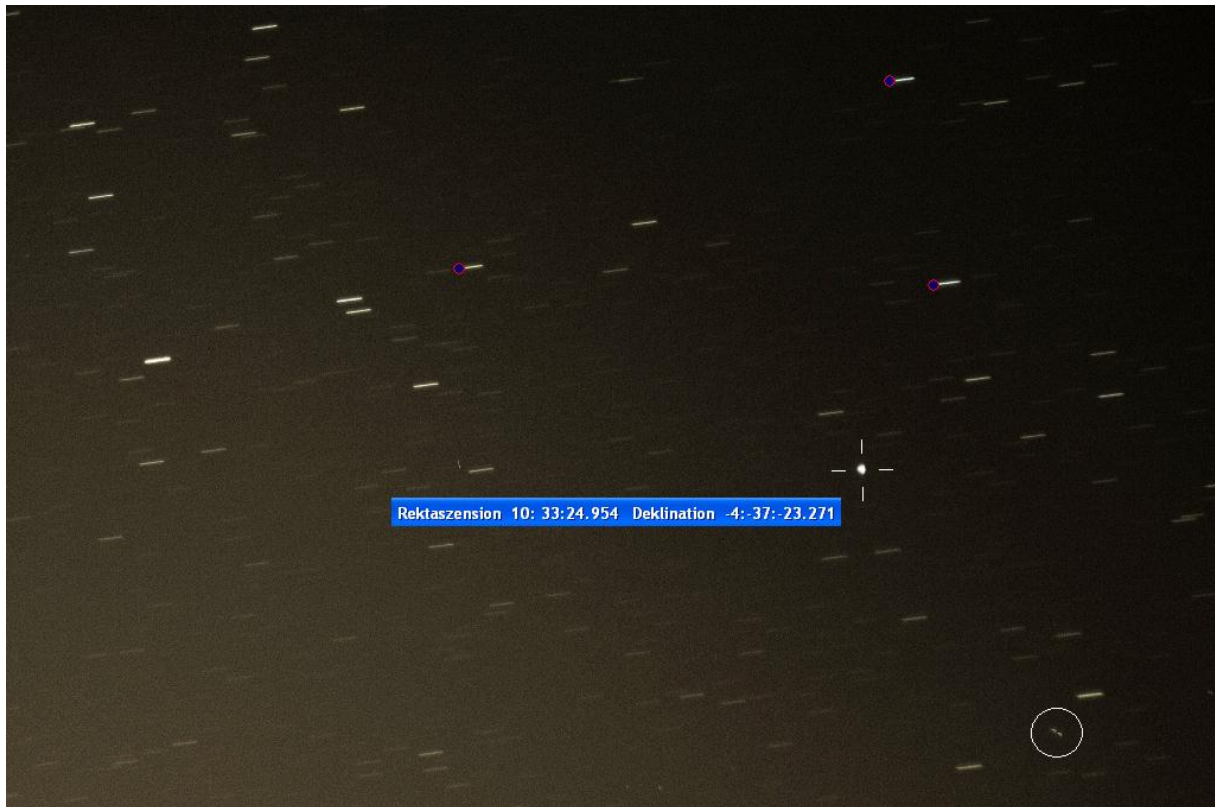


Abbildung 2: Das Bild vom 20.2.2015, 0.37 Uhr MEZ (Ausschnitt vom Original) wurde vom Sternenfreund, René Neumann, Astronomische Gesellschaft Magdeburg, mit einem 70mm-Teleobjektiv angefertigt, Belichtungszeit 60s, ISO 400, Blende 4. Es zeigt im Kreuz den hell aufleuchtenden geostationären Satelliten und im Kreis befindet sich ebenfalls ein großes strukturiertes Objekt. Dieses Objekt ist kein Pixelfehler. Seine Helligkeit folgt über die gesamte Sequenz der vom Sonnenstand auf der Südhalbkugel der Erde bedingten Veränderungen, genau so, wie alle anderen geostationären Satelliten. Dieses Objekt behält dabei seine Position über die gesamte Zeit der Aufnahmen bei, bis es sich bis zur Unsichtbarkeit wieder kontinuierlich verdunkelt.

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Das nächste Bild zeigt nicht nur die Koordinaten des 3. Objektes zum Beobachtungszeitpunkt, sondern auch im Vergleich mit Abbildung 2 die Helligkeitsänderungen entsprechend den beschriebenen Phänomenen auf Grund der Änderung des Sonnenstandes.

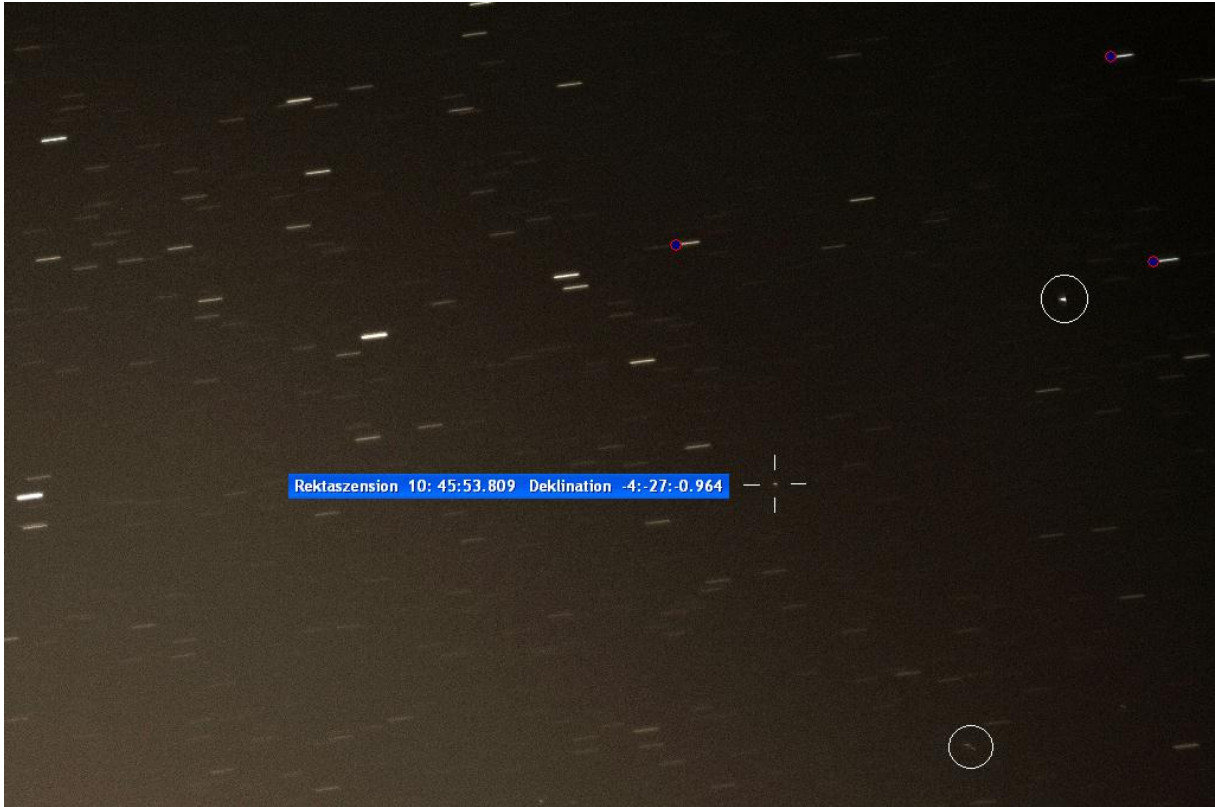


Abbildung 3: Dieses Bild vom 20.2.2015, 0.49 Uhr MEZ (Ausschnitt vom Original), ist ebenfalls aus der Serie von René Neumann. Die Aufnahmeparameter sind daher unverändert und entsprechend denen der Abbildung 2. Man vergleiche die Helligkeitsänderungen.

Die Stationarität der Objekte sowie die gemeinsame Abhängigkeit aller Objekte vom Sonnenstand belegen, dass es sich um geostationäre Satelliten handeln muss. Allerdings können geostationäre

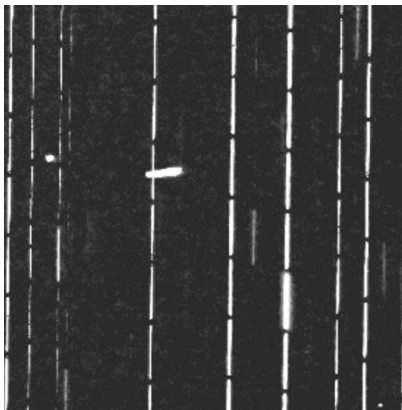


Abbildung 4: Diese Bild des Autors ist eine Überlagerung der einstündigen Sequenz vom 17.2.2015. Das Objekt legt in dieser Zeit das ca. 9.5-fache seiner Abmessung zurück.

Satelliten auch Eigenbewegungen zeigen, wenn ihre Bahn nicht kreisförmig ist und nicht exakt in der Äquatorialebene liegt. Bei einer Neigung zur Äquatorialebene treten zur Sternspur orthogonale Pendelbewegungen auf. Das scheint bei dem großen Objekte der Fall zu sein, wie das linksseitige mit dem Bildbearbeitungsprogramm GIOTTO aufaddierte Bild zeigt. Das Bild zeigt aber nicht die gesamte Pendelbewegung, denn diese hat eine Dauer von 24 Stunden, es zeigt nur die Bahn für 1 Stunde.

Neben der Beobachtung mit normalen Kameras ist auch die Beobachtung mit größeren Teleskopen erwünscht, da solche Aufnahmen wichtige Einzelheiten an den Objekten zeigen sollten.

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Entfernung geostationärer Satelliten

Ein idealer geostationärer Satellit umrundet die Erde auf einer Kreisbahn, die sich exakt in der Äquatorebene bewegt. Seine Entfernung muss dabei so groß sein, dass ein Umlauf genau die Dauer von 24 h, also die Dauer eines Tages hat – im Unterschied zu einem siderischen Tages dessen Dauer 23 h, 56 min, 4,099 s beträgt, und der eigentlich die kompletten Drehung der Erde um ihre Achse gegenüber dem Kosmos verwirklicht.

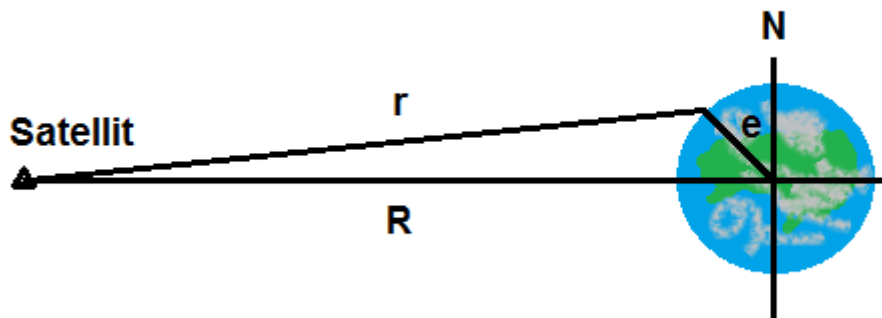


Abbildung 5: Idealer geostationärer Satellit. Die Entfernung zu einem Beobachter ist mit r bezeichnet.

Unter Vernachlässigung aller Störungen kann der Abstand R leicht berechnet werden. Es ist eine einfache Physikaufgabe. Zunächst muss verlangt werden, dass sich der Satellit auf einer Kreisbahn bewegt. Die Kreisbahngeschwindigkeit ist durch $V_K = \sqrt{\frac{\gamma \cdot M}{R}}$ gegeben. Unter der Wurzel stehen die

Gravitationskonstante γ , die Erdmasse M und der Abstand R des Satelliten zum Erdmittelpunkt. Diese Bahngeschwindigkeit ist zugleich mit der Winkelgeschwindigkeit ω über die Beziehung $V_K = \omega \cdot R$ verknüpft und die Winkelgeschwindigkeit hängt über $\omega = \frac{2 \cdot \pi}{T}$ von der Umlaufzeit T ab. Setzt man diese Formeln ineinander ein, so erhält man eine Gleichung, die nach R umgestellt, die

Berechnung der Strecke R ermöglicht, $R = \sqrt[3]{\frac{\gamma \cdot M}{\omega^2}}$. Setzen wir die Größen ein, dann finden wir für den Abstand des geostationären Satelliten zum Mittelpunkt der Erde:

$$R = \sqrt[3]{\frac{6,67 \cdot 10^{-11} \text{ kg} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot 5,979 \cdot 10^{24} \text{ kg}}{\left(\frac{2 \cdot \pi}{24 \cdot 60 \cdot 60 \text{ s}}\right)^2}} \approx 42.262,4 \text{ km}.$$

Doch der Beobachter befindet sich nicht im Erdmittelpunkt, sondern auf der Erdoberfläche, z.B. auf $\beta = 52^\circ$ nördlicher Breite. Der Abstand des Beobachters vom Satelliten kann durch den Kosinus-Satz für das allgemeine Dreieck berechnet werden: $r = \sqrt{R^2 + e^2 - 2 \cdot r \cdot R \cdot \cos(\beta)}$. Die Erde hat einen

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

mittleren Radius von $e = 6,37 \cdot 10^3 \text{ km}$. Setzen wir wieder die Zahlen in die Formel ein, dann erhalten wir den Abstand, der uns in Mitteleuropa interessiert:

$$r = \sqrt{42.262,4^2 \text{ km}^2 + 6,37^2 \cdot 10^6 - 2 \cdot 42.262,4 \cdot 6,37 \cdot 10^3 \text{ km}^2 \cdot \cos(52^\circ)} \approx 38.668 \text{ km}.$$

Beobachtungsrichtung geostationärer Satelliten

Nun wollen wir noch überlegen in welcher Richtung ein idealer geostationärer Satellit zu finden ist.

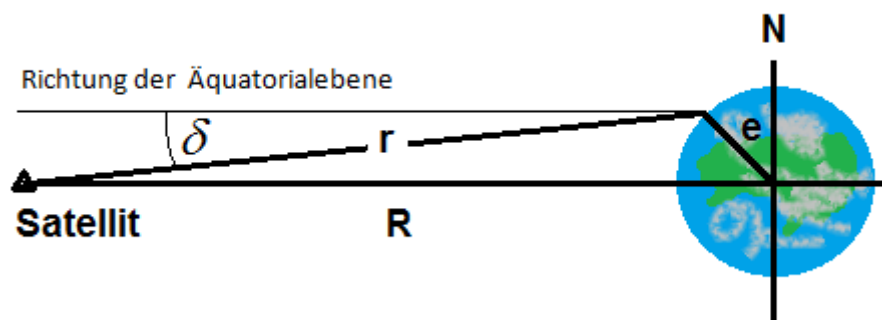


Abbildung 6: Der Winkelabstand δ eines idealen geostationären Satelliten gibt an, wo so ein Satellit unterhalb der Äquatorialebene zu finden ist.

Der Winkel δ kann bestimmt werden, wenn der Cosinus des Winkels bekannt ist und dieser lässt sich mittels der Formel $\cos \delta = \frac{R}{r} - \frac{e}{r} \cos \beta$, wobei β die geographische Breite ist. Setzen wir die konkreten Zahlen für den 52. Breitengrad ein, dann ergibt sich:

$$\cos \delta = \frac{42.262,4 \text{ km}}{38.668 \text{ km}} - \frac{6,37 \cdot 10^3 \text{ km}}{38.668 \text{ km}} \cos(52^\circ) = 1,09296 - 0,16474 \cdot 0,61566 = 0,99154$$

Daraus ergibt sich der Winkel $\delta = 7,458^\circ = 7^\circ : 27' : 28,8''$. Satelliten, die sich an dieser Position befinden und die sich auf einer Kreisbahn bewegen, zeigen keine Eigenbewegungen. Bewegt sich ein Satellit in der Äquatorialebene dagegen auf einer Ellipse, so bewegt er sich in Erdnähe etwas schneller und die Bewegung erfolgt in dieser Phase in westliche Richtung, ist er in Erdferne, bewegt er sich langsamer und die Bewegung erfolgt in östlicher Richtung. Diese Phasen wären als Pendelbewegungen beobachtbar, die eine Periode von 24 Stunden haben. Ist die Bahnebene etwas geneigt gegen die Äquatorialebene, so treten Pendelbewegungen in Nord-Süd-Richtungen hinzu. Die Überlagerung führt zu mehr oder weniger großen beobachtbaren Ellipsenähnlichen Bewegungen.

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Bildvermessung und Berechnung der Satellitengröße

Ausschlaggebend für die Berechnung der Satellitengröße waren der Umstand, dass die Kamera ruhte, die Belichtung eine Minute dauerte und damit Sternspuren entstanden, die auf Grund ihrer Nähe



Abbildung 7: Das Messbild zur Bestimmung der Länge des Satelliten.

zum Himmelsäquator einem Winkel von $\frac{1}{4}$ Grad entsprechen. Das Foto (Abbildung 7) wurde als Negativ im Format A4 ausgedruckt und die Länge der Spur dann mit 28mm gemessen. Zur Bestimmung der Länge des Satelliten wurden nur die maximal gesättigten Pixel in der Längsrichtung benutzt, um nicht Überstrahlungs- bzw. Halo-Effekte einzubeziehen, die eine zu große Ausdehnung suggerieren würden. Die so festgestellte Länge des Satelliten auf der Abbildung betrug 5mm. Jeder, der die Vermessung nachvollziehen möchte, muss das vorliegende Bild nur vergrößert ausdrucken und ebenfalls vermessen. Aus diesen Daten kann die tatsächliche Größe des Satelliten entsprechend Abbildung 7 und der dazugehörigen Rechnung ermittelt werden.

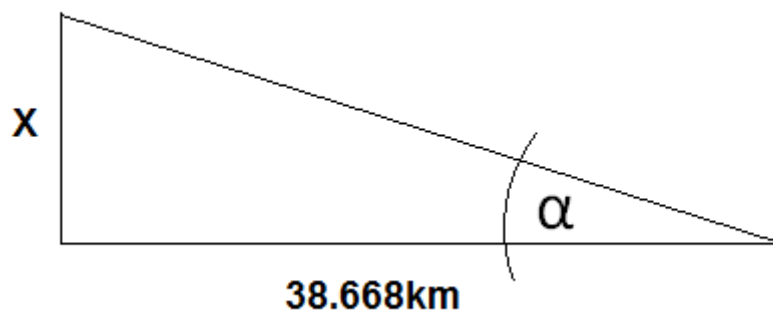


Abbildung 8: Berechnungsgrundlage zur Bestimmung der Satellitengröße.

Wenn $\alpha = 0,25^\circ$ den Winkel repräsentiert, welcher der Sternspur auf dem Bild entspricht, dann ist die Strecke $x = 38.668\text{km} \cdot \tan(0,25^\circ) = 168,72\text{km}$ lang. Diese Strecke entspricht auf dem Bild einer Länge von 28mm. Eine einfache Verhältnisgleichung ergibt dann die Satellitengröße zu

$$S = 168,72\text{km} \cdot \frac{5\text{mm}}{28\text{mm}} \approx 30,03\text{km}$$
. Diese Größe ist nach allgemeinem menschlichem Ermessen für geostationäre Satelliten nicht erklärt. So ein Objekt wäre größer als eine Großstadt. Prinzipiell müsste ein normaler Satellit punktförmig erscheinen und dürfte keine größere fotografische Ausdehnung als

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

den Durchmesser einer Sternspur haben. Daher sind differenzierte Formen, wie in Abbildung 9, ebenfalls „unmögliche“ Bilder. Um dem Geheimnis auf die Schliche zu kommen, müssen Artefakte des Kamera-Chips (Chipfehler) ausgeschlossen werden. Darum sind dringend Beobachtungen mit längerbrennweitigen Optiken erforderlich. Gegen Artefakte sprechen die bereits festgestellten Eigenbewegungen (Abbildung 4) und, dass solche Phänomene bei unterschiedlichen Kameras



Abbildung 9: Die differenzierte Form folgte in ihrer Helligkeit über die gesamte Aufnahmezeit dem Spiel der Sonne, wie alle übrigen normalen Geosatelliten, aber sie ist nicht punktförmig und damit ein „unmögliches“ Objekt (Aufnahme: Rene Neumann, 70mm Teleobjektiv).

beobachtet wurden. Vielleicht wird aber doch im Abbildungsprozess eine gar nicht reale Größe vorgetäuscht. Darum sollten weiter Möglichkeiten für eine Abschätzung der Größe herangezogen werden.

Eine Alternative zur hier vorgeführten Größenbestimmung besteht darin, durch Messung der Helligkeit die Fläche eines Satelliten abzuschätzen. Man erhält eine minimale Abschätzung für die Fläche, wenn man annimmt, dass das gesamte von der Sonne zum Satelliten kommende Licht von der Satellitenoberfläche zur Erde reflektiert wird, wobei sich die Intensität, bis

das Licht auf die Erde trifft, nach dem $\frac{1}{r^2}$ - Gesetz

abschwächt.

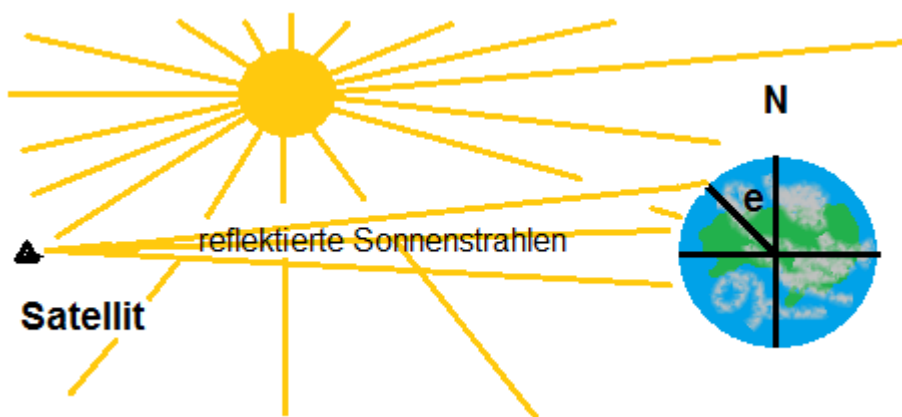


Abbildung 10: Die Menge des vom Satelliten reflektierten Sonnenlichtes ist proportional einer gewissen Fläche. Je größer der Satellit ist, umso heller muss er gesehen werden. Daraus ergibt sich eine zweite Möglichkeit zur Größenabschätzung.

Zur Verwirklichung dieser Idee, müssen neben der konkreten Berechnung Helligkeitsmessungen vorgenommen werden. Diese Aufgabe steht aktuell noch aus.

Bestimmung der Satellitenposition in Azimut und Höhe

Während es recht leicht ist, mit einer Fotokamera mittels einem Normal- oder einem kleinen Teleobjektiv, die ungefähre Position der rätselhaften Satelliten einzustellen, ist dies für

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

langbrennweitige Optiken schwer, da diese ein wesentlich kleineres Gesichtsfeld zeigen. Aus diesem Grund wird hier die Vorgehensweise dargestellt, wie man die Position eines geostationären Objektes im Horizontsystem bestimmen kann. Dabei sind die folgenden Schritte durchzuführen:

- Bestimmung der Position im Äquatorialsystem zu einem bestimmten Zeitpunkt
- Bestimmung des Julianischen Datums
- Bestimmung der Sternzeit in Greenwich (oder alternativ der Ortszeit)
- Berechnung von Azimut und Höhe

Diese Schritte werden im Folgenden Step by Step erläutert.

Bestimmung der Position des Satelliten im Äquatorialsystem zu einem bestimmten Zeitpunkt

Der Ausgangspunkt zur Bestimmung von Azimut und Höhe ist zunächst die Kenntnis der Position des Objektes im Äquatorialsystem zu einem bestimmten Zeitpunkt. Ist erst einmal das Objekt auf einem Foto zu sehen, so kann mit Hilfe einer guten Sternkarte die grobe Position in Rektaszension und in Deklination ermittelt werden. Diese groben Daten verwendet man nun, um z.B. mittels einer Planetariums-Software, z.B. RedShift oder Aladin-Sky-Atlas eine präzisere Position abzuschätzen (siehe: <http://aladin.u-strasbg.fr/>). Die Vorgehensweise möchte ich an einem konkreten Beispiel vornehmen. Hier sehen wir eine Sequenz über das Aufleuchten eines Objektes in der Nacht vom 25.2.2015 zum 26.2.2015. Die Aufnahmen wurden mit einer Watec 120 N+ - Kamera und einem 50mm Normalobjektiv gewonnen. Als Aufnahmesoftware diente das Programm GIOTTO. Der Zeitpunkt des hellsten Aufleuchtens war um 23 Uhr 42 Minuten Weltzeit (im Programm GIOTTO wird die Weltzeit eingeblendet, vor den Aufnahmen sollte die Computerzeit exakt eingestellt werden). Die Watec 120 N+ ist eine hoch lichtempfindliche Kamera für die Video – Astronomie, sie zeichnet bei lediglich 10 Sekunden Belichtungszeit noch recht schwache Objekte auf.

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

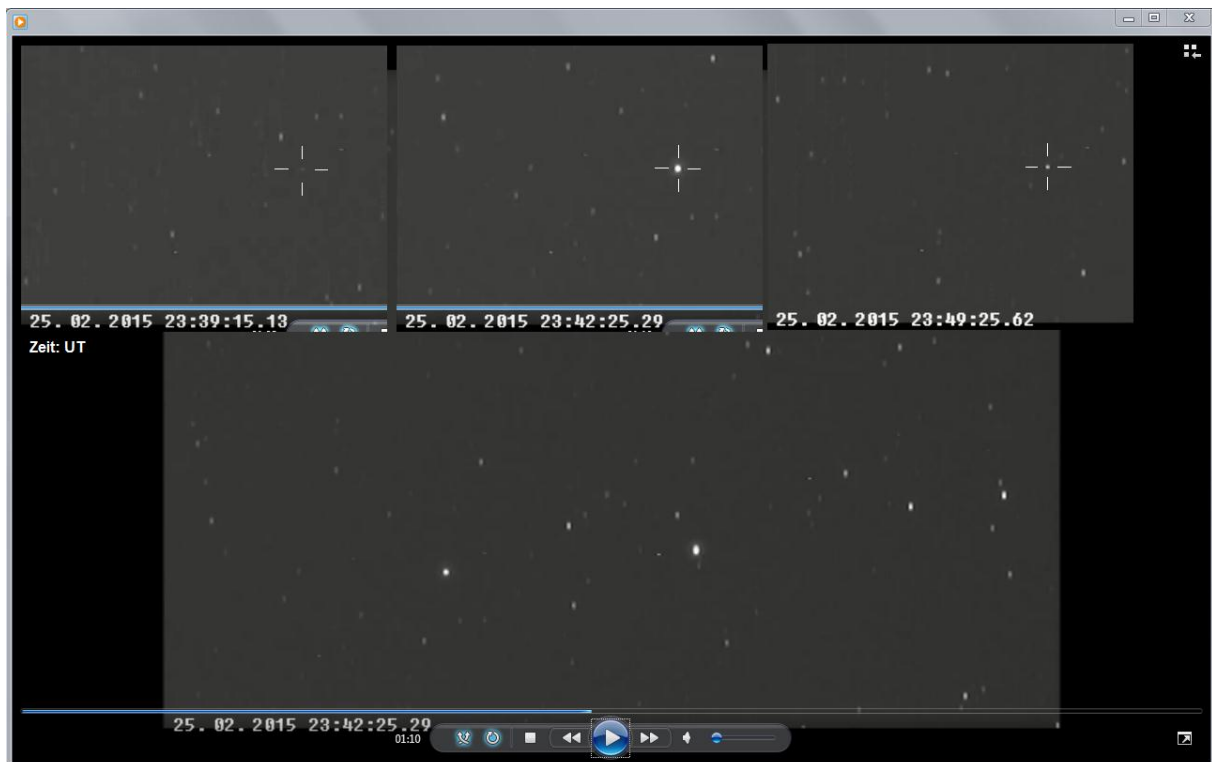


Abbildung 10: Bildsequenz über das Aufleuchten eines geostationären Satelliten am 25.2.2015. Die Aufnahmen wurden mit einer Watec 120 N+ Kamera mit einem 50mm-Normalobjektiv bei Blende 2.8 und 10 Sekunden Belichtung gewonnen. Im oberen Bildteil sind drei Bildausschnittsvergrößerungen für verschiedene Zeitpunkte einkopiert. Die Zeitangaben sind in UT.

Es kommt nun zunächst darauf an, die Region zu finden, wo sich das Objekt zum Zeitpunkt seiner maximalen Helligkeit befunden hat. Das gelingt am leichtesten, wenn man zunächst alle gewonnenen bmp - Bilder mittels Windows Live Movie Maker zu einem Film zusammenführt (bei der Einstellung unter dem Punkt Bearbeitung die Bilddauer = 0,04 Sekunden wählen). In einem Stern-Atlas, ich habe den Deep Sky Reiseatlas von Michael Feiler und Philip Noack verwendet, sucht man zunächst den ungefähren Himmelsausschnitt und versucht, sich an hellen Objekten zu orientieren. Hat man erst einmal die ungefähre Deklination gefunden, lässt man Film laufen, wobei man stets den Vergleich mit der Karte durchführen muss, bis schließlich die Region (in Rektaszension) identifiziert ist, wo das Aufleuchten stattfindet.

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

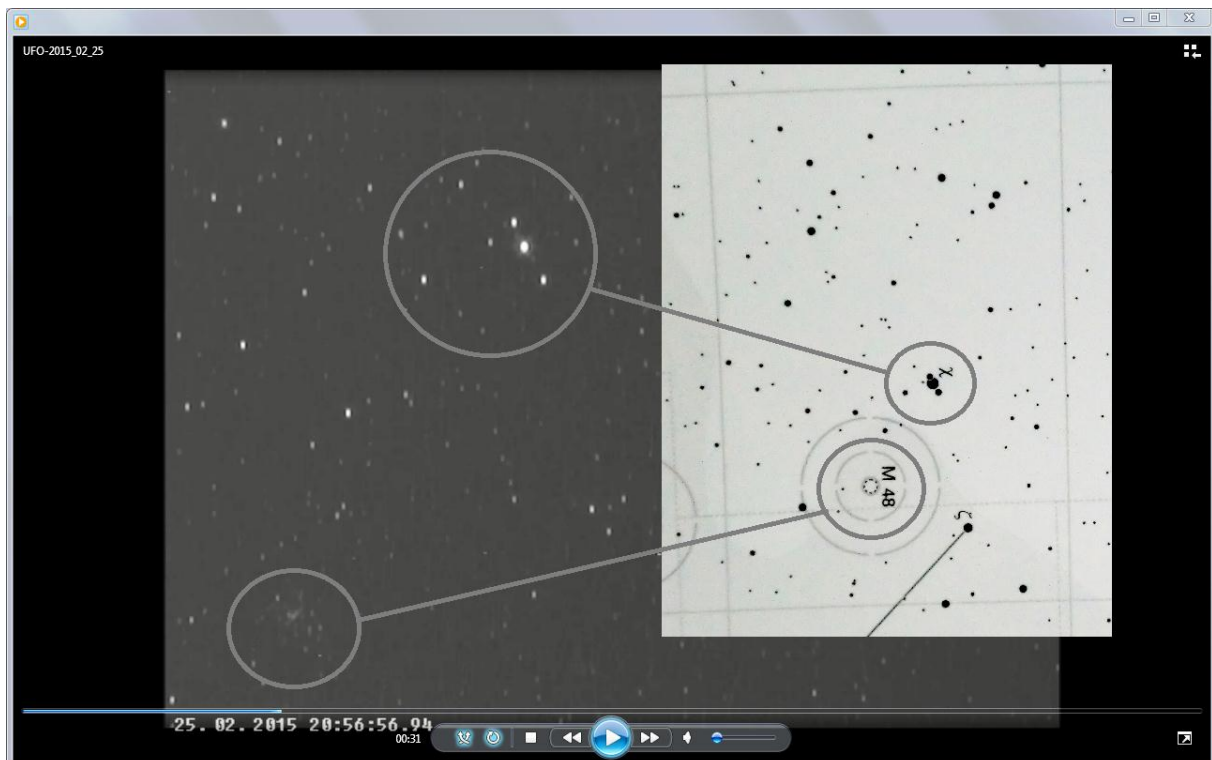


Abbildung 11: Das Bild zeigt im Hintergrund die Watec-Filmsequenz und einen eingeblendeten Ausschnitt aus dem Deep Sky REISEATLAS von Michael Feiler und Philip Noack. Schon auf Grund dieses Bildes lässt sich die Deklination des Objektes beim Vergleich mit Abbildung 10 etwa bei -4° bis -3° abschätzen.

Nachdem man nun eine gewisse Orientierung hat, wo sich das Objekt befindet, ist es für eine genauere Positionsbestimmung sinnvoll ein Planetariums Programm zu verwenden. In dem Programm kann die gewünschte Umgebung aufgesucht werden, die genauen Sternpositionen ermöglichen es, auch die Objektposition genau auszumessen oder zumindest hinreichend genau abzuschätzen. Für die Schätzung der Position reicht es aus den Koordinaten naher Vergleichssterne das Aufenthaltsintervall abzulesen. Die Genauigkeit ist vom Gesichtsfeld des verwendeten Teleskopes abhängig. Das Gesichtsfeld sollte vielleicht 3mal so groß, wie das abgelesene Intervall sein. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass sich die beobachtete Objektposition ausreichend in ungefähre Mitte des Gesichtsfeldes, bzw. Aufnahmeffelde befindet. Das folgende Bild zeigt die Vorgehensweise unter Verwendung der Planetariums-Software RedShift.

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

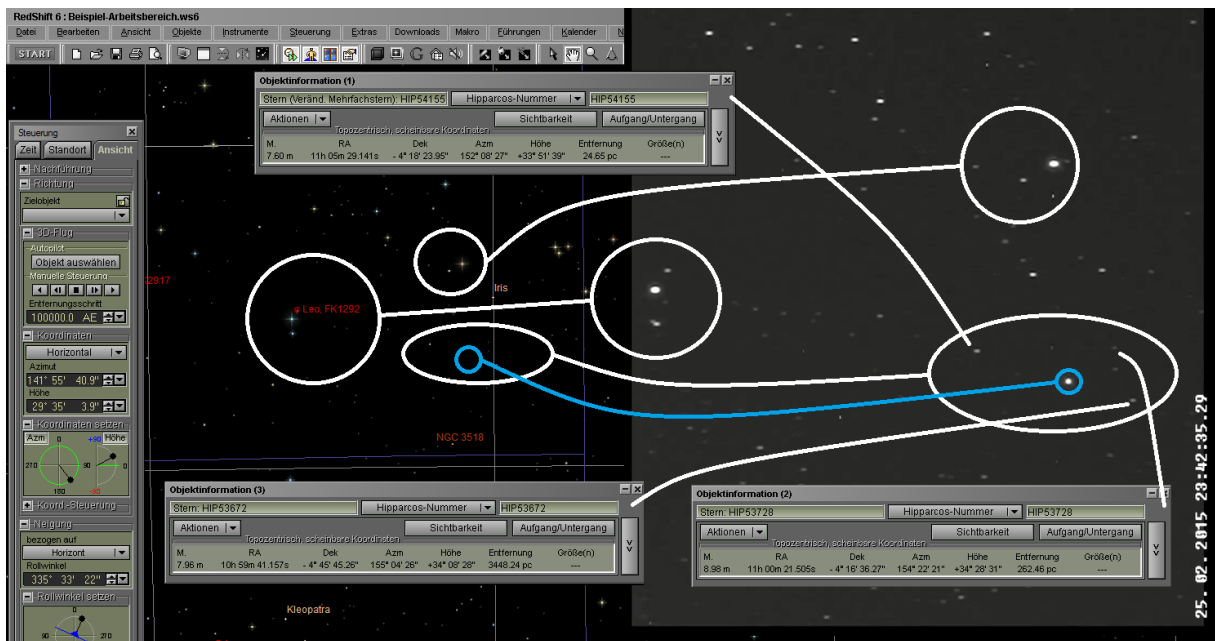


Abbildung 12: Mit Hilfe des Planetariums-Programms RedShift wurde die Umgebung des Aufleuchtenden Objektes identifiziert und die Sternpositionen ermittelt. Auf der rechten Seite ist das Watec-Foto abgebildet.

Die Positionen benachbarter Stern sind:

Objektinformation (1)							
Stern (Veränd. Mehrfachstern): HIP54155		Hipparcos-Nummer		HIP54155			
Aktionen		Sichtbarkeit		Aufgang/Untergang			
Topozentrisch, scheinbare Koordinaten							
M.	RA	Dek	Azm	Höhe	Entfernung	Größe(n)	
7.60 m	11h 05m 29.141s	- 4° 18' 23.95"	152° 08' 27"	+33° 51' 39"	24.65 pc	---	

Objektinformation (2)							
Stern: HIP53728		Hipparcos-Nummer		HIP53728			
Aktionen		Sichtbarkeit		Aufgang/Untergang			
Topozentrisch, scheinbare Koordinaten							
M.	RA	Dek	Azm	Höhe	Entfernung	Größe(n)	
8.98 m	11h 00m 21.505s	- 4° 16' 36.27"	154° 22' 21"	+34° 28' 31"	262.46 pc	---	

Objektinformation (3)							
Stern: HIP53672		Hipparcos-Nummer		HIP53672			
Aktionen		Sichtbarkeit		Aufgang/Untergang			
Topozentrisch, scheinbare Koordinaten							
M.	RA	Dek	Azm	Höhe	Entfernung	Größe(n)	
7.96 m	10h 59m 41.157s	- 4° 45' 45.26"	155° 04' 26"	+34° 08' 28"	3448.24 pc	---	

Daraus lesen wir folgende Intervalle ab: Rektaszension: $10h59m41.157s < 11h05m29.141s$ und die Deklination: $-4^{\circ}45'45.26'' < \delta < -4^{\circ}16'36.27''$. Damit befindet sich das gesuchte Objekt etwa bei der Position $\alpha \approx 11h02m30s$ und $\delta \approx -4^{\circ}30'00.00''$. Wichtig ist dabei der Zeitpunkt, denn

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

während der geostationäre Satellit ungefähr an dieser Position verweilt – von möglichen Eigenbewegungen abgesehen – rasen die Sterne während der Aufnahmezeit ja förmlich über das Bild und dadurch ändert sich beständig die Rektaszension des Objektes. Nur zum gegebenen Zeitpunkt hatte das Objekt eben diese Rektaszension! Und der wichtige Zeitpunkt am 25.2.2015 war 23:42:35.29 UT, was am Watec-Bild abzulesen ist.

Berechnung von Azimut und Höhe

Um das Objekt zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufzufinden, vorausgesetzt es kehrt dorthin periodisch zurück, müssen wir Azimut und Höhe ausrechnen. Dazu sind die Koordinaten des Äquatorialsystems zu dem betreffenden Zeitpunkt in die des Horizontalsystems umzurechnen.

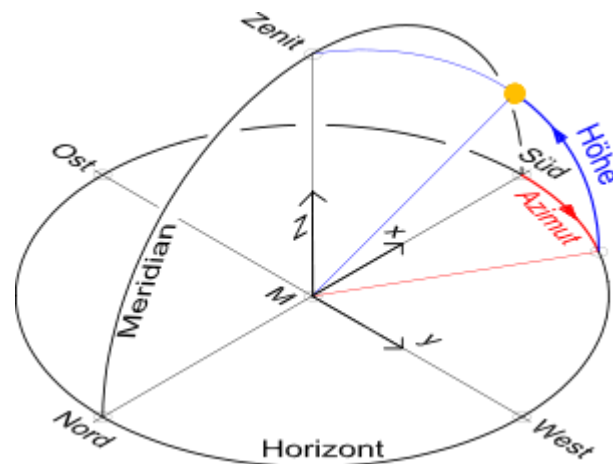


Abbildung 13: Darstellung des Horizontalsystems. Der Azimut – Winkel beginnt mit Null im Süden und zählt positiv in Richtung Westen. 360° ist wieder im Süden. Die Höhe beginnt bei 0° und erreicht ihr Maximum im Zenit bei 90° , Quell: Wikipedia.

Die Vorgehensweise zur Umrechnung ist sehr gut in http://de.wikipedia.org/wiki/Nautisches_Dreieck beschrieben. Hier gebe ich nur die wichtigen Elemente meines kleinen Computerprogrammes an. Einerseits wird das Julianische Datum benötigt. Mit diesem Unterprogramm kann es berechnet werden:

```
procedure JulianischesDatum;  
begin  
  D:=Tag;  
  Hh:=0; // da Greenwich 0 UT gefordert  
  if Monat>2 then begin Y:=Jahr; m:=Monat end else begin Y:=Jahr-1; m:=Monat+12 end;  
  at:=int(y/100);  
  B:=2-at+int(at/4);  
  JD:=int(365.25*(y+4716))+int(30.6001*(m+1))+D+Hh+B-1524.5;  
end;
```

Nun folgt der Programm-Code für die eigentliche Umrechnung. Die Zeilen sind selbstkommentierend und man könnte die Rechnung auch mit einem Taschenrechner durchführen.

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Programm zur Bestimmung von Azimut und Höhe eines Objektes

```
procedure Hauptprogramm;
begin

//Zeit
Jahr:=2015;
Monat:=2;
Tag:=25;
UT:=(23+42/60+35.29/3600)* 1.00273790935; //Zeit der Aufnahme in Stunden
UT:=UT*2*Pi/24; // in Bogenmaß // Faktor lt. Wikipedia

//Aufnahmeort
Lambda:=(11+30/60+47.39/3600); //Längengrad von Groß Ammensleben in Dezimalgrad
Lambda:=Lambda*2*Pi/360; // in Bogenmaß
fi:=52+14/60+7.26/3600; //Bereitengrad von Groß Ammensleben in Dezimalgrad
fi:=fi*2*Pi/360; // in Bogenmaß
//Objektposition im Äquatorialsystem;
Rektaszension:=2*Pi*((11+2/60+30/3600)/24); // in Bogenmaß
Deklination:=(-4-30/60-0/3600)*2*Pi/360; // in Bogenmaß

//Sternzeit in Greenwich
JulianischesDatum; // Julianisches Datum für UT=0.00 Uhr
T:=(JD-245145)/36525;
a0:=100.46061837;
a1:=36000.770053608;
a2:=0.000387933;
a3:=-1/38710000;
SternZeitGreenwich:=a0+a1*T+a2*T*T+a3*T*T*T; // für UT=0.00 Uhr Dezimalgrad
SternZeitGreenwich:=SternZeitGreenwich*2*Pi/360; // in Bogenmaß
OrtsZeit:=SternZeitGreenwich+Lambda+UT; //Bogenmaß
Tau:=OrtsZeit-Rektaszension; //Stundenwinkel

//Berechnung der Höhe
sinH:=sin(fi)*sin(Deklination)+cos(fi)*cos(Deklination)*cos(Tau);
H:=ArcSin(sinH); //Höhe in Bogenmaß
H:=H*360/(2*Pi); //Höhe in Dezimalgrad
//Berechnung Azimut
z:=sin(Tau); //Zähler
N:=sin(fi)*cos(Tau)-cos(fi)*tan(Deklination); //Nenner
if (Z>0)AND(N>0) then begin tanA:=Z/N; A:=arctan(tanA) end;
if (Z>0)AND(N<0) then begin tanA:=Z/N; A:=Pi+arctan(tanA) end;
if (Z<0)AND(N<0) then begin tanA:=Z/N; A:=Pi+arctan(tanA) end;
if (Z<0)AND(N>0) then begin tanA:=Z/N; A:=2*Pi+arctan(tanA) end;
if (N=0) then A:=Pi/2;
if (Z=0)AND(N<>0) then A:=0; //Azimut in Bogenmaß
A:=A*360/(2*Pi); //Azimut in Dezimalgrad

end;
```

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Erstes Ergebnis: Aufleuchtendes Objekt vom 25.2.2015

Mit Hilfe des kleinen Programmes kann nun Azimut und Höhe für das Objekt, dessen Aufleuchten am 25.2.2015 beobachtet wurde, angegeben werden:

Azimut: 343.144°
Höhe : 32.997°
(nur für Magdeburg und Umgebung)

Nun kann versucht werden, diesen Himmelsort mit einem stärkeren Teleskop oder langbrennweitigen Teleobjektiv anzupeilen und sich auf die Lauer zu legen. Will man die Objekte mit einem kleine Teleobjektiv auffindet, funktioniert wieder der Trick mit dem Pappdreieck. Mit 10 cm der waagerechten Kathete und 6.5 cm vertikaler Kathete findet man die Höhe. Für die Abweichung von der Südrichtung von 16.856° ist die entsprechende Kathete 3.0 cm zu bemessen.

Viel Spaß, weitere Ergebnisse werden folgen.

Es sei noch angemerkt, dass in der Zwischenzeit weitere Beobachtungen, die noch nicht ausgewertet wurden, erfolgt sind. Es wurden beobachtet:

- große strukturierte Objekte
- Objekte, die Flugmanöver durchführen, spontan die Richtung ändern und stark raketentypisch beschleunigen, d.h. Bewegungen, die nichts mit den üblichen und durch bestimmten Bahnparameter bedingte Eigenbewegungen geostationärer Satelliten zu tun haben
- lichtschwache geostationäre Objekte, die Iridium-flares zeigen

Zweites Ergebnis

Dreiergruppe aus geostationären Satelliten

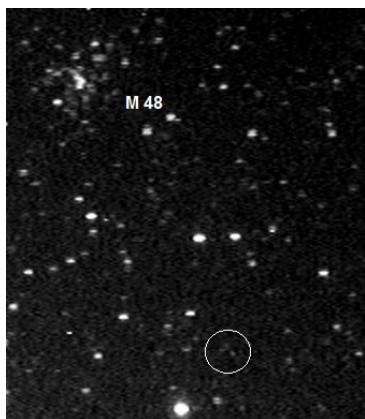


Abbildung 14: Drei benachbarte geostationäre Satelliten.

Die Dreiergruppe ist ein sehr schönes Testobjekt zum Auffinden und Beobachten. Sie zeigt im Film in Abhängigkeit vom Sonnenstand ein wunderschönes abwechslungsreiches Farben- und Lichtspiel, bis schließlich die Satelliten durch den Erdschatten schlagartig und einer nach dem anderen verschwinden, so als würde man das Licht abschalten.

Azimut: 345.679°
Höhe : 30.292°
(nur für Magdeburg und Umgebung)

Wird diese Objektgruppe mit einem Normalobjektiv oder nicht sehr starkem Teleobjektiv beobachtet, so wird man viele weitere Ereignisse und Beobachtung über die Nacht erleben, die sich auch an anderen Stellen der Aufnahme abspielen. Um diese Höhe leicht zu finden kann man sich wieder ein rechtwinkliges Dreieck aus Pappe (Pappkarton) mit den Katheten-Längen von 10 cm und 5.8 cm ausschneiden. Die Richtung liegt rund 14.3° östlich der Südrichtung. Auch dazu kann man sich ein Dreieck mit 10 cm und 2.6 cm Katheten ausschneiden (bezogen auf Magdeburg und Umgebung).

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Drittes Ergebnis Die vermeintliche Dreiergruppe ist in Wahrheit eine Vierergruppe

Beobachtungen mit der Watec aber mit einem 180 mm – Teleobjektiv bei Blende 2.8 und 10 Sekunden Belichtungszeit offenbarten, dass es sich um eine Vierergruppe mit leichten Eigenbewegungen handelt. Außerdem scheint das gewählte Teleobjektiv die optimale Wahl für die Beobachtung der Objekte in Hinblick auf Auflösung, Helligkeit und Gesichtsfeld zu sein, will man ein Objekt oder eine Objektgruppe über die Nacht beobachten. Die Vergrößerung ist noch nicht zu stark, um die Objekte leicht aufzufinden und sie ist ausreichend, um benachbarte Einzelobjekte gut zu trennen sowie Relativbewegungen zu beobachten.



Abbildung 15: Zu sehen ist die Gruppe aus 4 geostationären Satelliten zu unterschiedlichen Zeitpunkten innerhalb der Nacht vom 18.3.2015 zum 19.3.2015. Die Zeitangaben auf den Bildern sind in UT. Die Einzelaufnahmen wurden 10 Sekunden belichtet. Diese echten geostationären Satelliten erscheinen punktförmig.

Viertes Ergebnis Identifizierung geostationärer Satelliten

In Wikipedia ist eine Liste geostationärer Satelliten in der Orbitalposition zu finden: (http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_geostation%C3%A4ren_Satelliten). Diese Position bezieht sich auf den Erdmittelpunkt und gezählt wird vom Nullmeridian in Greenwich. Da wir uns nicht im Erdmittelpunkt befinden (geht ja nicht ☺), muss auf die Beobachterposition umgerechnet werden.

Für den Beobachter sind Azimut und Höhe von Bedeutung. Per Definition zählt man Azimut in Richtung Westen positiv. Eine Position von 15 Grad östlich der Südrichtung entspräche 345 Grad. In meiner Berechnung entsprechen 345 Grad nicht meinem Geschmack und ich rede lieber von Azimut 15 Grad Ost. Mit etwas Aufwand habe ich die Umrechnung der Orbitalposition in Azimut (in meinem Sinne) und Höhe vorgenommen:

$$\text{Höhe} = 90^\circ - z$$

Dabei ist z die Zenitdistanz. Die Zenitdistanz findet man nicht direkt, sondern:

$$\cos(z) = \frac{S \cdot \cos(\gamma - \lambda) \cdot \cos(\beta) - R}{r}$$

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

Um z zu erhalten, muss man $\arccos(z) = z$ bilden, d.h. die Umkehrfunktion berechnen. Das ist leicht und das macht jeder Taschenrechner. Doch um das zu tun, muss man wissen, was die Größen sind. Auch das ist einfach:

- S ist der Abstand des Satelliten vom Erdzentrum.
- R ist der mittlere Erdradius (die Abweichung von der Kugelgestalt wird vernachlässigt).
- γ ist die Orbitalposition.
- λ ist der Längengrad des Beobachters.
- β ist der Breitengrad des Beobachters.
- r ist der Abstand des Satelliten vom Beobachter.

Der Abstand des Satelliten vom Beobachter berechnet sich so:

$$r = \sqrt{R^2 - 2 \cdot R \cdot S \cdot \cos(\gamma - \lambda) \cdot \cos(\beta) + S^2}.$$

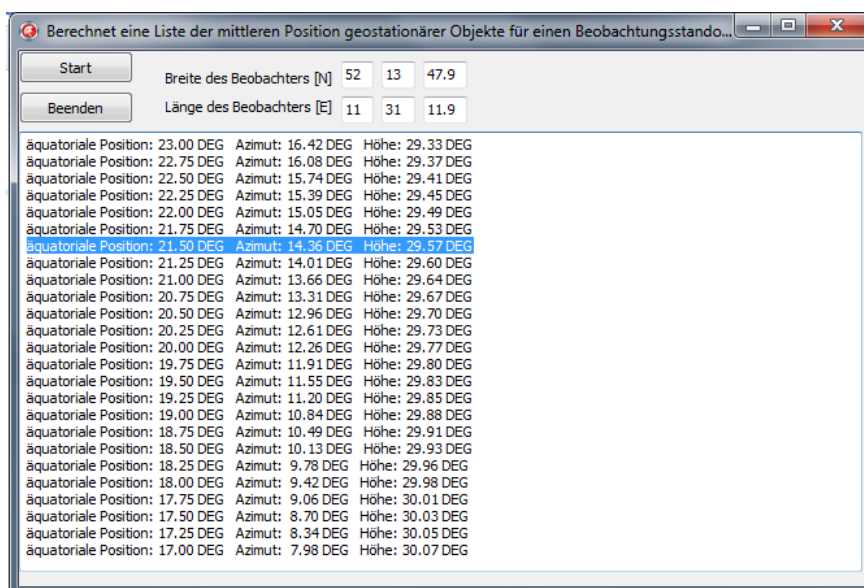
Und schließlich müssen wir noch „meinen“ östlichen Azimut α berechnen. Es ist:

$\tan(\alpha) = \sqrt{\tan^2(\omega) - \tan^2(\text{Höhe})}$ und $\tan^2(\omega)$ kann auch berechnet werden:

$$\tan^2(\omega) = \frac{r^2}{S^2 \cdot \sin^2(\beta) \cdot \cos^2(\gamma - \lambda)} - 1.$$

Man beachte: für $\gamma - \lambda > 0$ zählt α östlich, sonst westlich! Weil das Rechnen sehr aufwendig ist, habe ich dafür ein kleines Computerprogramm geschrieben und so konnte ich nun eine Tabelle erzeugen, die mir die Identifikation der Satelliten ermöglicht.

Die Gruppe aus 4 Satelliten hat ja einen Azimut von $345,679^\circ$ (entspricht $14,321^\circ$ Ost) und eine Höhe von $30,292^\circ$ von meiner Position aus. Das Computerprogramm zeigt:



Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

und die Wikipedia-Liste zeigt für etwa 21,5° die folgenden Satelliten:

21,5° Ost	Artemis		Kommunikationssatellit
21,5° Ost	Eutelsat 21A	Eutelsat	Kommunikationssatellit
21,5° Ost	Eutelsat 21B	Eutelsat	Kommunikationssatellit
21,0° Ost	Afristar (1998)	WorldSpace	Rundfunksatellit
20,0° Ost	Arabsat 2B	Arabsat	Rundfunksatellit
19,2° Ost	Astra 1A † (1988–2004)	SES Astra	Rundfunksatellit

In der Höhe ist eine gewisse Abweichung feststellbar. Man muss aber bedenken, dass die atmosphärische Refraktion nicht berücksichtigt wurde. Diese führt tatsächlich zu einer vermeintlich größeren Höhe, z.B. ist die Sonne beim Sonnenuntergang noch voll zu sehen, während sie sich in Wahrheit bereits unter dem Horizont befindet. Doch in rund 30° Höhe ist die Refraktion zu gering, um diesen Effekt zu erklären, da er hier nur wenige Bogenminuten betragen sollte. Die Abweichung ist daher ungeklärt. Es muss aber auch berücksichtigt werden, dass die Berechnung eine ideale kreisförmige Bahn in der Äquatorialebene unterstellt, was schon auf Grund der beobachteten Eigenbewegungen nicht der Fall sein kann. Daher fehlen einfach genauere Bahndaten, um die Abweichung aufzuklären. Festzustellen ist, dass sich mindestens 3 Satelliten in der Umgebung befinden und vermutlich ist Wikipedia auch nicht auf dem aktuellsten Stand.

Fünftes Ergebnis Satellit vom 25.2.2015 nicht identifizierbar

Der am 25.2.2015 aufleuchtende Satellit lt. dem „ersten Ergebnis“ hat einen Azimut von 343.144° und das entspricht einer Abweichung von der Südrichtung nach Osten von 16.856°. Das Programm zeigt für diesen Bereich die folgenden Daten:

```
äquatoriale Position: 23.50 DEG  Azimut: 17.10 DEG  Höhe: 29.25 DEG
äquatoriale Position: 23.25 DEG  Azimut: 16.76 DEG  Höhe: 29.29 DEG
äquatoriale Position: 23.00 DEG  Azimut: 16.42 DEG  Höhe: 29.33 DEG
äquatoriale Position: 22.75 DEG  Azimut: 16.08 DEG  Höhe: 29.37 DEG
äquatoriale Position: 22.50 DEG  Azimut: 15.74 DEG  Höhe: 29.41 DEG
```

und daher hätte ein geostationärer Satellit die äquatoriale Position von ca. 23.25° östlich vom Meridian. Betrachtet man die Liste von Wikipedia, so kommen dafür mehrere Satelliten in Frage.

25,0° Ost	Inmarsat 4f2	Inmarsat	
23,5° Ost	Astra 3A	SES Astra	Rundfunksatellit
23,5° Ost	Astra 3B	SES Astra	Rundfunksatellit
23,5° Ost	Astra 1E	SES Astra	Rundfunksatellit
23,5° Ost	Thor 2	Telenor	Rundfunksatellit
23,5° Ost	DFS Kopernikus 1 † (1989–1992)		nicht mehr in Betrieb
23,5° Ost	DFS Kopernikus 3 † (1992–2002)		nicht mehr in Betrieb
21,5° Ost	Artemis		Kommunikationssatellit

deren Bahn aber dann nicht exakt in der Äquatorialebene liegen darf, was die Eigenbewegung bestätigt, denn die gemessene Höhe weicht um rund 3° von der Höhe ab, die ein Satellit hätte, würde

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

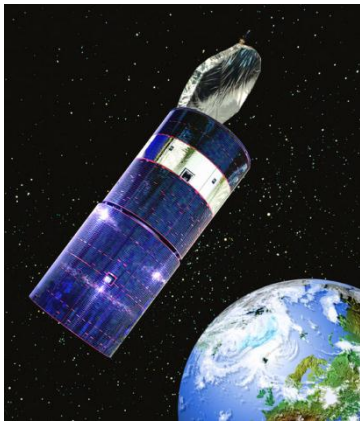


Abbildung 15: Satellit Astra 3A
Quelle: <http://www.dvb-tv.cz>

er exakt in der Äquatorialebene kreisen. Merkwürdig ist die große Anzahl von Satelliten in diesem Bereich, obwohl nur ein einziger, sehr hell, beobachtet wurde. Möglicher Weise sind die Satelliten aus der Liste viel zu klein, dass sie mit einem 50mm Normal-Objektiv gesichtet werden könnten. Aber um was für einen Satelliten handelt es sich dann? Astra 3A wiegt ca. 1,4 t und hat keine großen reflektierenden Flächen – im Bild sind diese noch eingerollt. Auch gegenüber haben Satelliten der Thor-Familie sind nicht sehr groß – im Bild ausgerollte Solarflächen. Man muss immer die Entfernung von ca. 38.000 km zu Objekten von rund 25m Solarausdehnung bedenken. Diese Größen erscheinen winzig auf diese Entfernung.



Abbildung 16: Der geostationäre Satellit Thor 6 mit ausgerollten Solarflächen. Quelle: <http://space.skyrocket.de>

Sechstes Ergebnis

3 nützliche Programme für die eigene Satellitenbeobachtung

Hier seien kurz die 3 Programme benannt, die ich für meine Untersuchungen geschrieben habe, und die man sich von der Seite der Astronomischen Gesellschaft Magdeburg (<http://www.astronomie-magdeburg.de/>) herunterladen kann.

Programm „**Position.exe**“: Mittels dieses Programmes kann man die Position eines Objektes auf einem bmp-Bild vermessen. Das bmp-Bild sollte dabei ein Format von 1024 X 768 Pixeln nicht überschreiten. Die Position wird in Äquatorialkoordinaten ausgegeben.

Programm „**Azimet.exe**“: Dieses Programm kann für einen Beobachtungsort (GPS-Daten eingeben) Azimet und Höhe eines geostationären Satelliten berechnen, wenn der Beobachtungszeitpunkt in UT und die Äquatorialkoordinaten eingegeben werden.

Programm „**GeoSatFinder.exe**“: Das Programm erzeugt eine Tabelle von Winkelpositionen im Abstand von $\frac{1}{4}$ Grad. Das Koordinatensystem bezieht sich auf die Äquatorebene der Erde und der Winkel Null läuft durch den Null-Meridian in Greenwich. In diesen Koordinaten werden auch die Positionen geostationärer Satelliten angegeben. Das Programm rechnet diese Koordinaten in Azimet und Höhe für einen beliebigen Beobachtungsort auf der Erde um. Sofern man über eine Liste der Positionen von geostationärer Satelliten verfügt, so können die dort angegebenen Koordinaten

Beobachtungsbericht und Hinweise über geostationäres Objekte mit vermutlich ungewöhnlicher Ausdehnung

mittels der Liste ein beobachtetes Objekt identifizieren helfen, wie es Bereits unter „Fünftes Ergebnis“ dargelegt wurde.