

BEIDE FOTOS: RON DANTOWITZ



Raumfahrzeuge können für leistungsfähige Teleskope beeindruckende Beobachtungsziele abgeben. Die Internationale Raumstation ist unverkennbar (links und großes Bild). Auch am Space Shuttle lassen sich Einzelheiten erkennen – vorausgesetzt, die Nachführung funktioniert (rechts).

Satellit, wo bist du?

Warum immer nur astronomische Objekte beobachten, wenn doch jede Menge Trabanten ihre Bahn am Himmel ziehen?

>> J. Kelly Beatty

Die meisten angehenden Sterngucker machen sich in Gedanken eine Wunschliste von den Objekten, die sie einmal sehen möchten. Darunter sind für gewöhnlich der Mond und die Planeten, einige Sternhaufen und Nebel, vielleicht auch die eine oder andere Galaxie. Aber wissen Sie eigentlich, dass Sie an jedem klaren Abend mit bloßem Auge Objekte am Himmel erspähen können, die Generationen von Astronomen niemals zu Gesicht bekamen – auch nicht mit den besten Teleskopen der Welt?

Künstliche Satelliten sind ein Phänomen des Raumfahrtzeitalters. Als die Sowjetunion im Oktober 1957 Sputnik-1 startete, die erste Raumsonde überhaupt, war das weltweit eine Sen-

sation. Jetzt rasen die Satelliten zu tausenden hoch über unseren Köpfen durchs All, sie sind ein völlig normaler Bestandteil unseres Alltags geworden. Gegenwärtig beobachtet das Verteidigungsministerium der USA 9400 verschiedene Objekte, die unsere Erde umkreisen – angefangen mit der Internationalen Raumstation ISS, ungefähr hundert Meter im Durchmesser, bis zu Trümmerteilen von Raketen, die nur ein paar Zentimeter lang sind.

Satelliten reflektieren Sonnenlicht und machen sich daher als winzige Lichtflecken am Nachthimmel bemerkbar. Sie sehen wie Sterne aus, die sich bewegen. Wenn Sie genau hinschauen, können Sie die künstlichen Trabanten nach Sonnenuntergang oder vor Son->

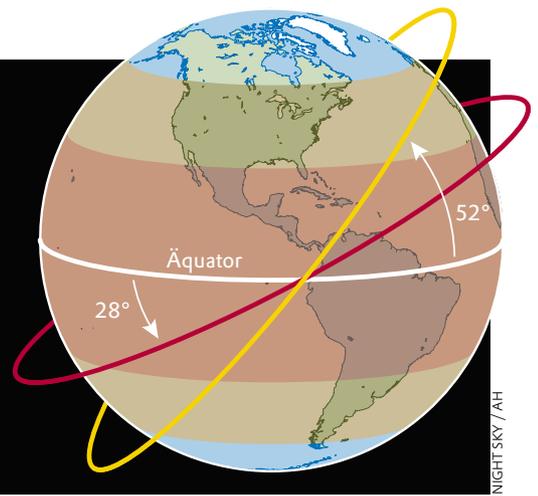


NASA, JSC



Zahllose künstliche Objekte

umkreisen die Erde (links). Etwa 95 Prozent davon sind ausrangierte Satelliten, Raketenteile und sonstiger Schrott, der funktionslos durchs All treibt. Die ISS bewegt sich in einem Orbit, der um 52 Grad gegen den Äquator geneigt ist (rechts, Umlaufbahn nicht maßstabsgetreu). Verglichen mit den 28-Grad-Orbits der meisten Nasa-Satelliten ist das recht »steil«.



➤ nenaufgang sehen. Dann ist es am Boden dunkel, während 400 bis 800 Kilometer über dem Boden – in Höhe der Umlaufbahnen der Satelliten – die Sonne scheint. Je weiter nördlich Sie wohnen, desto näher an der Mitternachtsstunde können Sie die Raumsonden erblicken. Im Hochsommer sehen Sie die ganze Nacht hindurch Satelliten am Firmament wandern, vor allem dann, wenn Sie nördlich des 40. Breitengrads leben.

Das Beste an einer »Sat-Besichtigungstour« ist die Tatsache, dass Sie keinerlei Ausrüstung benötigen, nur Ihre Augen und einen klaren, mondlosen Abend. Gehen Sie hinaus, sobald es dunkel genug ist, um die Sterne zu sehen, und machen Sie es sich auf einer Sitzgelegenheit bequem, die es Ihnen gestattet, sich komfortabel zurückzulehnen. Wohin Sie schauen, ist nicht entscheidend, aber achten Sie darauf, dass Sie ein möglichst freies Blickfeld vor sich haben. Von einer typischen Vorstadt aus können Sie nach Anbruch der Dunkelheit zehn bis zwanzig Satelliten pro Stunde am Sternhimmel erspähen.

Rasend schnell durchs All

Genau genommen müssten es ein paar hundert sein, wenn man von der Zahl der künstlichen Trabanten ausgeht, die hell genug sind, um mit bloßem Auge wahrgenommen werden zu können. Aber in einer beliebigen Nacht reisen die meisten Satelliten entweder nicht über Ihren Horizont oder sie befinden sich gerade dann am Himmel, wenn das Sonnenlicht sie nicht erreicht.

Um nicht auf die Erde zu stürzen, müssen Satelliten sich auf ihrer Umlaufbahn mit einer Geschwindigkeit von etwa acht Kilometer pro Sekunde bewegen. Die meisten von ihnen umkreisen die Erde in eineinhalb bis zwei Stunden.

Doch weil sie so weit draußen sind, scheinen sie aus unserer Perspektive nicht besonders schnell zu fliegen – ihre Bewegung sieht eher geruhsam aus. Lassen Sie Ihre Augen langsam über den Himmel wandern und hier und da verweilen, und es wird nicht lange dauern, bis Sie einen dieser künstlichen Sterne entdecken, wie er zwischen den echten Gestirnen dahinzieht. Woher weiß man aber, dass es sich nicht um einen Meteor oder ein Flugzeug handelt? Meteore huschen wie ein Blitz vorbei und sind gleich wieder weg. Flugzeuge hingegen haben Blink- und Positionslichter und machen Lärm.

Die meisten Satelliten wandern von West nach Ost, in die gleiche Richtung also, in der sie ins All geschossen wurden. Abends sind sie am hellsten, wenn sie die halbe Strecke ihres Bogens absolviert haben und gerade in den Osthimmel eintauchen; genau dann werden sie aus Sicht des Beobachters am stärksten von der Sonne angestrahlt. Einige Wetter- und Spionagesatelliten wandern von Nord nach Süd (oder umgekehrt), denn sie bewegen sich auf speziellen Umlaufbahnen, die über die Pole führen.

Die niedrigsten und hellsten Satelliten brauchen drei bis fünf Minuten, um von einem Horizont zum anderen zu gelangen, höhere und schwächer leuchtende dagegen zehn Minuten und mehr. Nur wenige werden exakt über Ihren Kopf hinwegwandern – es ist typisch, einen Satelliten beispielsweise vom Südwesthorizont aufsteigen zu sehen, bis er halbhoch im Süden seinen Scheitelpunkt erreicht und dann nach Südosten absinkt.

Zu späterer Stunde werden Sie möglicherweise auch Raumsonden ausmachen, die gerade in den Erdschatten verschwinden. Sie erkennen das daran, dass ihr Lichtschein langsam rötlicher wird

und allmählich erlischt. Der umgekehrte Vorgang kommt auch vor: Manche Satelliten tauchen vor Sonnenaufgang vor der Schwärze des Firmaments auf, wenn die ersten Sonnenstrahlen ihre glänzenden Oberflächen beleuchten.

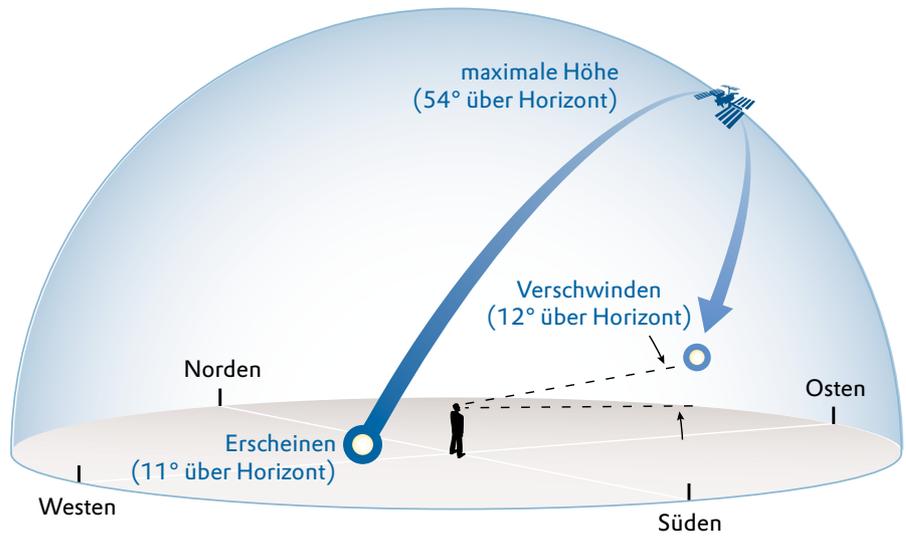
Viele Raumsonden (besonders solche, die nicht mehr in Betrieb sind) scheinen zu blitzen, während sie sich bewegen. Der Grund: Sie taumeln und drehen sich um sich selbst, während das Sonnenlicht auf der reflektierenden Oberfläche des rotierenden Gefährts funkelt. Wenn Sie die Blinkintervalle bestimmen, können sie die Rotationsrate abschätzen. Je nachdem, wie der Satellit beschaffen ist, blitzt er ein- oder zweimal pro Umdrehung.

Koloss am Himmel

Am einfachsten zu erspähen ist die Internationale Raumstation ISS. Ihr Aufbau begann im November 1998 mit dem Start des russischen Moduls Sarja (der Name bedeutet Dämmerung). Seither sind viele weitere Module und Komponenten hinzugefügt worden, sodass die ISS mittlerweile das größte Raumschiff darstellt, das je gebaut wurde. Normalerweise bewegt sich die Station in einer Höhe von 400 Kilometern, die dort vorhandene Restatmosphäre aber bremst sie ständig ab und lässt sie langsam sinken. In den zweieinhalb Jahren, in denen sie keine Besuche von Spaceshuttles bekam (die sie nach jedem Andockmanöver per Raketenschub um etliche Kilometer anheben), sank die Station auf eine Höhe von 350 Kilometern.

Die ISS bewegt sich in einem Orbit, der um 52 Grad gegen den Äquator geneigt ist. Sie überfliegt also alle Regionen der Erde zwischen 52 Grad Nord und 52 Grad Süd. Damit ist sie für den Großteil der Menschheit sichtbar. Wegen ihrer gewaltigen Abmessungen ist sie manchmal

Eine Satellitenprognose gibt an, wo der Satellit erscheint, wie hoch er am Firmament steigt und wo er verschwindet – nebst den dazugehörigen Zeiten (die Zahlen in der Grafik sind Beispielwerte). Die Tabelle zeigt eine ISS-Prognose für Heidelberg, wo die AH-Redaktion sitzt.



sehr hell und überstrahlt sämtliche Sterne – ja, sie hält teils mit der Leuchtkraft des Jupiter oder der Venus mit.

Aber erwarten Sie nicht, die ISS schon in der nächsten Beobachtungsnacht zu entdecken. Denn sehen können Sie die Station nur dann, wenn sie sich zur richtigen Zeit – kurz nach Sonnenuntergang oder kurz vor Sonnenaufgang – am richtigen Ort befindet, also irgendwo oberhalb Ihres Horizonts. Außerdem weisen die meisten Satelliten wegen des störenden Einflusses der Erdanziehung zyklische »Sichtbarkeitsfenster« auf, in denen sie eine Zeit lang nur am Abendhimmel, dann nur vor Sonnenaufgang und dann wieder überhaupt nicht zu sehen sind. Die ISS durchläuft diesen Zyklus innerhalb von etwa zwei Monaten.

Sie müssen sich nicht aufs Raten oder Ihre Intuition verlassen, um die ISS zu erwischen, wenn sie über Ihnen am Him-

ISS-Sichtbarkeitsprognose für Heidelberg (49,4°N, 8,7°O), Quelle: heavens-above.com

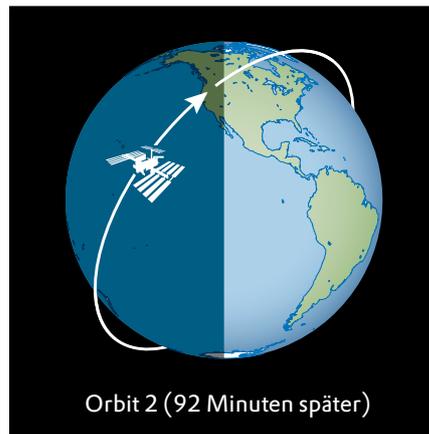
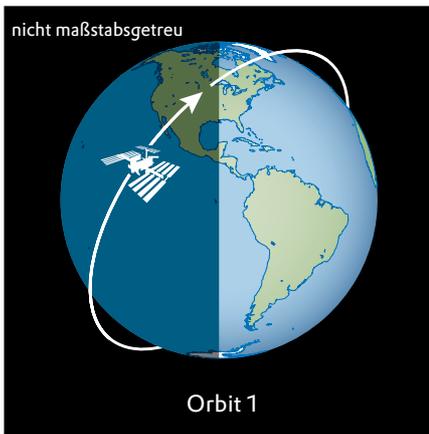
Datum	Zeit	Dauer	Erscheinen	maximale Höhe	Verschwinden
5.1.2006	18.28 Uhr	3 min 14 s	10° über W	67° über NNW	59° über NNO
6.1.2006	17.17 Uhr	5 min 49 s	10° über WSW	72° über SSO	10° über ONO
6.1.2006	18.53 Uhr	2 min 10 s	10° über W	40° über NW	40° über NW

mel entlangzieht. Um exakt zu bestimmen, wo und wann sie – oder ein anderer Satellit – zu sehen ist, können Sie ein Computerprogramm herunterladen, das die Angaben aus den so genannten »two-line elements« (den TLEs) berechnet. Das sind Zahlenreihen, die die Bewegung des Trabanten mathematisch definieren, und zwar durch genaue Werte für die Inklination des Orbits, die Zahl der Orbits innerhalb von 24 Stunden und so weiter.

Satelliten in relativ geringer Höhe unterliegen der atmosphärischen Reibung und durchlaufen leichte Veränderungen in ihrer orbitalen Bewegung; für diese benötigen Sie alle paar Wochen neue, aktualisierte TLEs.

Ich bin sicher, Sie denken jetzt: »Das muss auch einfacher gehen!« Geht es auch, zumindest für die Internationale Raumstation. Die Nasa gibt ISS-Sichtbarkeitsprognosen für ungefähr 700 Städte auf dem ganzen Globus heraus: spaceflight.nasa.gov/realdatal/sightings. Sie können solche Prognosen auch von [Sky and Telescope.com/observing/almanac](http://SkyandTelescope.com/observing/almanac) erhalten – allerdings nur für die nächsten paar Tage. Wenn Sie längerfristige Vorhersagen brauchen, gehen Sie am besten auf heavens-above.com. Was Sie in jedem Fall bekommen, ist eine Liste von Daten und Zeiten – zum Beispiel wie in der obigen Tabelle.

Dort steht in der Spalte »Zeit«, wann die Sichtbarkeit beginnt, und in der Spalte »Dauer«, wie lang sie anhält. Um die ISS zu entdecken, gehen Sie zur angegebenen Zeit vor die Tür und schauen Sie in die Kompassrichtung, die in der Spalte »Erscheinen« angegeben ist. Konzentrieren Sie sich nicht auf einen einzelnen >



BILDER DIESER SEITE: NIGHT SKY / AH

Doppeltes Vergnügen Manchmal ist die ISS zweimal am Abend zu sehen. Für einen kompletten Umlauf um die Erde benötigt sie etwa 92 Minuten; in dieser Zeit hat sich der Globus nur um 23 Grad weitergedreht.



DAVE GRADWELL



RICK FIENBERG

> Punkt am Himmel, denn oft erscheint die Station zu Beginn ihres Überflugs ziemlich leuchtschwach. In der Spalte »maximale Höhe« steht, wo sich die Raumstation an der höchsten Stelle ihrer Sichtbarkeit über dem Horizont befinden wird (45 Grad bedeutet halbhoch, 90 Grad über Ihrem Kopf). Die Spalte »Verschwinden« zeigt an, wo die ISS außer Sicht gerät. Ist unter »Erscheinen« eine Position hoch oben am Himmel aufgeführt, wird die Raumstation vor Sonnenaufgang ins Sonnenlicht wandern, liegt hingegen der »Verschwinden«-Ort hoch am Firmament, wird der künstliche Trabant unsichtbar werden, indem er nach Sonnenuntergang in den Erdschatten taucht.

Astronomisches Versteckspiel

Es kann auch passieren, dass die ISS an einem Abend zweimal sichtbar ist. Sie benötigt etwa 92 Minuten, um ihren Orbit zu durchlaufen, und in dieser Zeit rotiert unser Planet nur um 23 Grad. Manchmal erscheint die Station also am frühen Abend und ungefähr eineinhalb Stunden später noch einmal, bevor sie schließlich in den Erdschatten eintritt.

Ich lasse gern Kinder oder Freunde bei Gartenpartys um die Wette suchen – wer entdeckt die ISS als Erster? Manchmal versuchen wir auch ihre Helligkeit abzuschätzen, indem wir sie mit anderen hellen Sternen oder Planeten vergleichen. Sie können die Station mit einem Feldstecher beobachten, aber der ist

meist zu schwach, um ihre Form optisch aufzulösen. Ein Teleskop kann die Umrisse der ISS zwar grob wiedergeben, allerdings werden Sie feststellen, dass es damit extrem schwierig ist, die Raumstation im Blickfeld zu behalten.

Eine der besten Webseiten für die Satellitenbeobachtung ist heavens-above.com (AH März/April 2003, S. 100). Sie bietet leicht verständliche Sichtbarkeitsprognosen für die ISS und andere Satelliten. Überdies kann sich der Nutzer Sternkarten zeigen und drucken lassen, die den Pfad der Sonde am Himmel darstellen, und nachschlagen, welche Satelliten er in den letzten Nächten gesehen hat.

heavens-above.com erstellt auch Vorhersagen zu den faszinierenden »Iridium-Flares«. Was ist damit gemeint? Unter den tausenden Objekten, die die Erde umkreisen, stechen ungefähr hundert Satelliten deutlich heraus – jene nämlich, die zur Iridium-Serie gehören. Es handelt sich um Kommunikationssatelliten in einer Höhe von ungefähr 800 Kilometern – dicht über der obersten Atmosphärenschicht. Sie fliegen in sechs steil geneigten Orbitalebene, die fast genau über den Nord- und Südpol führen. Dadurch sind sie von jedem Punkt der Erde aus zu sehen.

Was die Iridium-Satelliten so besonders macht, sind ihre drei extrem glänzenden, türgrößen Antennenanlagen, die wie gigantische Spiegel wirken. Sie reflektieren das Sonnenlicht zum Boden und ver-

Iridium-Satelliten verursachen kurze, extrem helle Lichtblitze, wenn das Sonnenlicht auf ihre Antennen fällt (oben). Satelliten zu fotografieren ist einfach, sofern Ihre Kamera Langzeitbelichtungen ermöglicht. Mit Weitwinkelobjektiven erhält man ansprechende Strichspuraufnahmen (unten).

ursachen kurze, aber intensive Lichtpulse, die vorübergehend alle Sterne und Planeten überstrahlen können. In astronomischen Maßeinheiten: Der Planet Venus erreicht bis zu $-4,5$ ter Größe, ein Iridium-Flare dagegen -8 . Größe -8 – das ist 25-mal so hell wie der Abendstern!

Vom reinen Erlebniswert her sind die Iridium-Flares unübertroffen. Sie können versuchen, sie zu fotografieren. Fast jede Kamera, ob Film oder digital, eignet sich dafür – vorausgesetzt, sie erlaubt eine Belichtung von 15 oder 20 Sekunden. Benutzen Sie einen Film (oder eine digitale Einstellung) mit der Empfindlichkeit Iso 100 oder Iso 200, stellen Sie die Blende auf $f/2.8$ und befestigen Sie die Kamera auf einem robusten Stativ.

Akribie ist nicht vonnöten

Die einzige Herausforderung besteht darin, die Kamera auf den richtigen Fleck am Himmel zu richten. Überflugdaten von Satelliten werden in Azimut und Höhe angegeben. Der Azimut kann dabei als Himmelsrichtung oder als Winkel aufgeführt sein; in letzterem Fall beginnt man im Norden (also in Richtung des Polarsterns) bei null Grad, wandert am Horizont gen Osten (90 Grad), dann nach Süden (180 Grad), Westen (270 Grad) und zurück nach Norden (360 Grad). Die Höhe läuft von null Grad am Horizont bis 90 Grad im Zenit. Ihre Faust überspannt aus Ihrer Sicht etwa zehn Grad am Firmament, wenn Sie Ihren gestreckten Arm entlangschauen – ein praktisches Mittel, um Winkel zu schätzen. Iridium-Flares hinterlassen Streifen, die meist kürzer als zehn Grad sind. Wenn Sie ein normales oder ein Weitwinkelobjektiv verwenden, können Sie sich kleine Richtungsfehler also ohne Weiteres erlauben: Das große Gesichtsfeld lässt viel Spielraum. <<

J. Kelly Beatty, Redakteur beim S & T-Einsteigermagazin »Night Sky«, beobachtete seinen ersten Satelliten 1960. Der aluminiumummantelte Ballon hatte einen Durchmesser von 30 Metern.