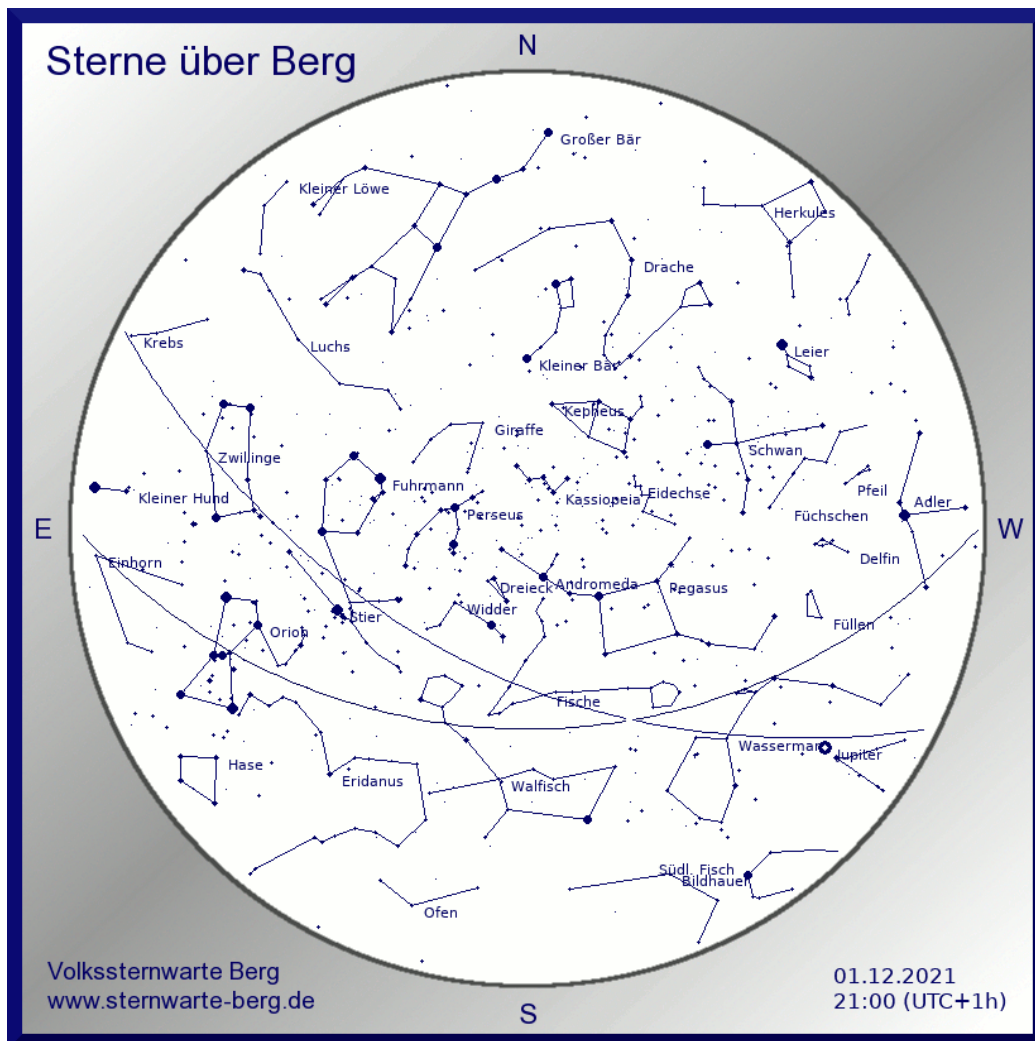


# Der Sterngucker - Herbstausgabe 2021

Vereinszeitung der Christian-Jutz-Volkssternwarte Berg e.V.



18. Okt.	Jupiter-Stillstand, dann rechtsläufig	20. Nov.	Mond am Regen- und Siebengestirn
20. Okt.	Vollmond (Fische)	21. Nov.	Mond in Erdferne (Stier)
21. Okt.	Sternschnuppen Orioniden	22. Nov.	Höchste Mondstellung (Stier)
22. Okt.	Mond am Siebengestirn	24. Nov.	Mond bei Kastor und Pollux
24. Okt.	Mond bei Aldebaran und in Erdferne	27. Nov.	Mond im letzten Viert. Bei Regulus (Löwe)
26. Okt.	Höchste Mondstellung (Zwillinge)	28. Nov.	Krater Grimaldi randfern
28. Okt.	Mond im letzten Viertel bei Kastor und Pollux	29. Nov.	Obere Merkur-Konjunktion
29. Okt.	Größte östliche Venus-Elongation (47°3')	1. Dez.	Mond bei Spika
31. Okt.	Mond bei Regulus, Zeitumstellung (1 Std. zur.)	4. Dez.	Neumond m. tot. Sofi., gr. Venusglanz, Erdn.
4. Nov.	Kleinste Uranus-Entf., Neumond (Waage)	6. Dez.	Tiefste Mondstellung (Schütze)
5. Nov.	Sternschnuppen Tauriden, Mond in Erdnähe	9. Dez.	Mondnordpol zugewandt, $\alpha$ -Monocerotiden
8. Nov.	Mond bei Venus in tiefster Stellung (Schütze)	11. Dez.	Mond im 1. Viertel (Wassermann)
10. Nov.	Mond bei Saturn, Ostzodiakallicht bis 16. 11.	13. Dez.	Sternschnuppen Geminiden
11. Nov.	Mond im 1. Viertel bei Jupiter (Steinbock)	16. Dez.	Mond am Siebengestirn
12. Nov.	n. Tauriden, M. Crisium randf., N-Pol zugew.	19. Dez.	Mond bei Aldebaran
13. Nov.	Goldener Henkel am Mond	20. Dez.	Vollmond (Stier)
17. Nov.	Sternschnuppen Leoniden	21. Dez.	Höchste Mondstellung u. hö. Vollm-Kulmin.
19. Nov.	Vollmond mit teilw. Mondfinsternis (Stier)		

## Neues von der Sternwarte

### **Es gibt wieder Führungen**

Auf der Sternwarte gibt es seit August wieder Führungen. Auf unserer Seite im Internet kann man die Termine für Beobachtungsabende einsehen und sich per Telefon oder Email anmelden. Die Zahl der Gäste ist auf maximal 15 begrenzt. Da der Raum in der Kuppel sehr eng ist, bleibt diese geschlossen. Das Fernrohr in der Kuppel kommt für Übertragungszwecke zum Einsatz, denn das Fernrohrbild kann per WLAN nach außen übertragen werden. Es kommt dann zwar nicht das Original-Licht von dem jeweiligen Himmelsobjekt in unser Auge, aber immerhin ist es ein Live-Bild und man kann gut zeigen, wie Objekte, die man in anderen Fernrohren mit dem eigenen Auge sehen kann, von einer Kamera erfasst werden.

Die Führungen finden an den meisten Dienstagen und Freitagen bei klarem Himmel ab 20 Uhr statt.

Es ist schwer, den weiteren Verlauf der Corona-Entwicklung vorherzusehen. Die Inzidenz-Zahlen steigen wieder an. Aus diesem Grund wurde inzwischen für die Beobachtungsabende die 2G-Regel eingeführt. Weitere Details sind auf unserer Homepage zu finden.

Am 29. Oktober fand unsere Jahreshauptversammlung mit Vorstandswahlen statt. Normalerweise halten wir die Jahreshauptversammlung im Februar/März ab. Da gab es jedoch strenge Kontaktbeschränkungen und Corona machte eine Versammlung unmöglich. Es waren 14 Mitglieder anwesend. Der neugewählte Vorstand ist der alte: Leiter ist *Stefan Schmid*, 2. Vorsitzender ist *Alexander Quelle*, 3. Vorsitzender ist *Julius Gräff*, technische Leiter sind *Benno Ruhdorfer* und *Leopold Schulz*, Schatzmeister ist *Rüdiger Wolff-Sebottendorf*. *Ulrich Schmidbauer* und *Roland Marx* sind Kassenprüfer.

Wenn möglich, soll die nächste Jahreshauptversammlung wieder um den Februar/März stattfinden.

Auf der Sternwarte ist die Vereinshütte wieder aufgebaut und eingerichtet worden. Es ist geplant, einen Beamer und eine Leinwand darin anzubringen. Das neue Fernrohr von *Ulrich Schmidbauer* kommt regelmäßig zum Einsatz. Dazu wird die ganze Hütte auf Schienen weggefahren, so dass das Fernrohr dann für die Beobachtung freisteht.

Die Größe unseres Vereins nähert sich der Hundertermarke. Mit 98 Mitgliedern fehlen noch 2.

## Venus erreicht ihren größten Glanz

Die *Venus* ist neben Sonne und Mond das hellste Objekt am Himmel. Sie bekommt im Herbst eine gute Abendsichtbarkeit. Ein Wermutstropfen ist, dass sie keine großen Höhen über dem Horizont erreicht, da die Ekliptik abends im Herbst flachsteht. Abendsichtbarkeiten sind im Frühjahr und Morgensichtbarkeiten sind im Herbst günstiger. Dennoch entwickelt sie sich zu einem glanzvollen Abendstern, der sich noch die nächste Zeit hell leuchtend im Südwesten im Abendrot zeigt.

Sie wandert im Herbst vom Sternbild Schlangenträger zum Schützen. Unter günstigen Bedingungen kann man sie auch am helllichten Tag mit dem freien Auge sehen, aber in diesem Herbst dürfte das wegen ihrer tiefen Stellung schwierig sein. Im Teleskop sieht man sie tagsüber oft schärfer, da sie höher steht. Man muss nur aufpassen, dass man beim Aufsuchen nicht versehentlich die Sonne ins Bild bekommt. Am sichersten ist es, wenn man das Fernrohr beim Aufsuchen der Venus in den Schatten eines Hauses stellt, und zwar so, dass der Himmelsbereich links der Sonne nicht verstellt ist. Da zur Zeit der Winkelabstand zur Sonne relativ groß ist, muss auch nicht sehr dicht neben der Sonne nach der Venus gesucht werden.

Im Fernrohr zeigt sie sich mit ihren Phasen. Oberflächendetails sind wegen der ständigen Wolkenhülle nicht zu sehen. Am schönsten ist sie, wenn sie sichelförmig erscheint. Dann ist auch ihr scheinbarer Durchmesser größer. Aufgrund ihrer Phasen erinnert der Fernrohr-Anblick der Venus viele Beobachter an den Anblick des Mondes mit dem Auge. Allerdings erscheint sie konturlos und sehr viel flächenheller.

Die Venus ist unser sonnennäherer Nachbarplanet. Von der Sonne aus gesehen ist sie der 2. Planet und ist durchschnittlich 108 Mio. km entfernt. Die Venus gilt als der weibliche Planet, der nach einer römischen Liebesgöttin benannt wurde. Es gibt daher nur einen Gebirgszug, der nach einem Mann benannt wurde, nämlich die *Maxwell Montes* (nach *James Clerk Maxwell*). Alle anderen Gebilde auf der Venus tragen die Namen berühmter Frauen.

Die Venus ist etwas kleiner als die Erde. Ihr Äquatordurchmesser beträgt 12104 km (bei der Erde 12756 km). Die Masse der Venus ist auch etwas kleiner als die der Erde mit 81,5% der Erdmasse.

Zwischen den Jahren 1967 und 1983 schickten die Russen 16 Raumsonden (Venera-Sonden) zur Venus. Die Landekapseln waren so ausgelegt, dass sie sehr hohen Temperaturen standhalten konnten, denn auf der Venus ist es mit fast 500°C sehr heiß. Obwohl sie nicht der sonnennächste Planet ist, ist sie dennoch der heißeste Planet im Sonnensystem. Das liegt an einem gigantischen Treibhauseffekt durch überwiegendes Kohlendioxid in der dichten Venusatmosphäre.

Von 1990 bis 1994 wurde die Venusoberfläche von der Venussonde *Magellan* (Sonde der NASA) mittels Radar abgetastet. Dadurch konnte eine genaue Venuskarte mit allen Bergen, Erhöhungen und Vertiefungen erstellt werden.

Die Landschaft auf der Venus ist wenig idyllisch und stark vulkanisch geprägt. Markant ist der Berg *Maat Mons*, der 8 km hoch ist. Viele Tiefebenen sind mit erstarrter Lava bedeckt. Besondere Gebilde sind die Pfannkuchenkuppeln auf der Hochebene *Alpha Regio*. Diese vulkanischen Gebilde sehen aus wie etwas aufgegangene Pfannkuchen und sind 750 m hoch.

## Merkur

Bis Mitte November können Frühaufsteher den sonnennächsten Planeten Merkur sehen. Der Merkur hat keine undurchsichtige Bewölkung wie die Venus. Dennoch kann man im Fernrohr keine markanten Oberflächendetails erkennen. In sehr großen Teleskopen erkennt man leichte, graue Flächen. Das ist allerdings sehr schwierig und nur bei besten Bedingungen möglich.

Die Oberfläche des Merkur ähnelt der des Mondes. Die Landschaft des Merkur ist kraterübersät. Allerdings ist keiner der Krater in handelsüblichen Teleskopen zu sehen.

Das größte Gebilde auf der Merkuroberfläche ist das große Becken *Caloris*, das doppelt so groß wie Deutschland ist. Es entstand vor etwa 3,9 Mrd. durch einen gewaltigen Einschlag. Trotz seiner Größe ist auch von diesem Becken nichts in einem Fernrohr zu sehen. Erste Nahaufnahmen von der Merkuroberflächen stammten von der Mariner 10-Sonde, die in den Jahren 1974 und 1975 am Merkur vorbeiflog. Allerdings haben diese Nahaufnahmen erst die Hälfte der Merkur-Oberfläche abgedeckt.

Der Merkur kommt am 29. November in seine untere Konjunktion und bekommt dann in der letzten Dezemberwoche eine Abendsichtbarkeit. Um den 8. Januar bekommt er sehr gute Beobachtungsbedingungen.

Da auch der Merkur eine von der Sonne beleuchtete Kugel ist, zeigt auch er sich im Fernrohr mit Phasen wie der Mond oder auch die Venus.

Bei den Planeten, die außerhalb der Erdbahn sind, gibt es allerdings nur nahezu volle Phasen. Beispielsweise könnte man den Jupiter vom Saturn aus sichelförmig sehen. Von der Erde aus ist er immer nahezu voll beleuchtet. Eine kleine Phase ist noch beim Mars zu sehen. Er kann wie ein oranges Ei mit weißer Kappe aussehen.

## Die großen Planeten werden zu Abendplaneten

Der größte Planet *Jupiter* kann noch bis Ende des Jahres in den früheren Abendstunden gut beobachtet werden. Der *Saturn* wird dagegen im Dezember zu einem tiefen Abenddämmerungsplaneten. Seine Beobachtungsbedingungen verschlechtern sich.

Der *Uranus* kommt am 5. November in Opposition zur Sonne und ist die ganze Nacht zu sehen. Der *Neptun* zieht sich auf die erste Nachthälfte zurück. Ende November geht er vor Mitternacht unter.

## Die Raumstation ISS

Manchmal sieht man einen hellen Stern über den Himmel fliegen, dessen Helligkeit der des Jupiter ähnelt. Wenn nichts blinkt und auch nichts zu hören ist (kein Motorengeräusch), dann könnte es die Internationale Raumstation ISS sein. ISS steht für *International Space Station*.

Die Geschwindigkeit beim Überfliegen ähnelt scheinbar der eines Flugzeugs. Tatsächlich fliegt die Raumstation sehr viel schneller und auch höher über uns hinweg.

Mit dem freien Auge sieht man nur einen hellen Stern. Einzelheiten wie die Form mit den Solarzellen sind nur im Teleskop erkennbar. Ein Problem dabei ist, dass die scheinbare Geschwindigkeit im Fernrohr mitvergrößert wird. Daher könnte es schwierig sein, sie ins Bild zu bekommen und sie im Bild zu halten. Sie schießt sehr schnell durchs Bild. Es gibt computergesteuerte Fernrohre, deren Nachführung auch für die Bewegung von Satelliten geeignet ist. Auf der Münchner Volkssternwarte gibt es zwei solche satellitengeeignete Fernrohre.

Mit etwas Geschicklichkeit kann man die ISS in einem Dobson-Fernrohr beobachten. Die Schwierigkeit ist, sie im Dobson zu finden. Hat man sie einmal im Bildfeld, dann kann man das Rohr mit ruhiger Hand geschickt nachbewegen. Man kann dann die Gestalt der ISS, wenn auch etwas verwackelt, erkennen. Sieht man in späteren Abendstunden die ISS in Richtung Osten fliegen, dann kann es sein, dass sie plötzlich schwächer wird und dann ausgeht. Man sieht die ISS nur deswegen, weil sie in der Höhe von rund 400 km noch von der Sonne angestrahlt wird. Sie ist daher abends noch deutlich länger im Sonnenlicht. Geht sie in den Schatten der Erde, dann wird sie schwächer und scheint zu verschwinden. Tatsächlich ist sie lediglich nicht mehr beleuchtet. Die Größe der Raumstation beträgt 109x73x51 m. Eine sehr große Ausdehnung nehmen die Solarmodule zur Stromgewinnung ein. In der Umlaufbahn um die Erde ist sie schwerelos, aber auf den Erdboden gelegt, würde sie über 400 t wiegen. Sie ist bis jetzt die größte und auch die langlebigste Raumstation. Unter allen Erdsatelliten ist nur der natürliche Erdsatellit, unser Mond, noch größer.

Die Raumstation umkreist unseren Planeten in etwa 370-460 km Höhe, mit einer Geschwindigkeit von ca. 28800 km/h. Für einen Umlauf um die Erde braucht sie gut 1½ Stunden.

Der Aufbau der Raumstation begann 1998. 16 Länder sind am Aufbau und der Weiterentwicklung beteiligt. Die ganze Raumstation kostete mit Aufbau und Unterhalt über 100 Mrd. Euro. Eine Tatsache, die die Raumstation auch etwas umstritten macht, denn viele Menschen sind der Meinung, dass man das Geld hätte besser nutzen können.

Ursprünglich war die Raumstation als rein militärische Station der USA gedacht, aber diese Pläne wurden geändert. Sie wurde international und für vielfältige Forschungszwecke konzipiert. Seit November 2000 sind regelmäßig Raumfahrer auf der Station. Eine sonderlich gemütliche Stube mit Bildern an der Wand und Kachelofen befindet sich dort nicht. Es sieht eher sehr technisch mit vielen Geräten und Drähten aus. Die Raumfahrer schweben schwerelos durch die sehr technisch wirkende Umgebung.

Von dauerhaften Raumstationen träumten Menschen schon immer, und es gab auch schon Vorgänger wie das amerikanische Skylab (1973 - 1979) oder die russische Modularstation MIR.

Ein wesentliches Hilfsmittel für den Aufbau einer großen Raumstation war das von der NASA neu entwickelte wiederverwendbare *Space Shuttle*, das 1981 zum ersten Mal in den Weltraum startete. Das Shuttle war eine flugzeugähnliche Raumfähre, die mit Raketen startete, aber ähnlich wie ein Flugzeug landen konnte. In einem Laderaum konnten Satelliten oder Bauteile mit größerem Gewicht ins All gebracht oder auch eingesammelt werden. Das Weltraumteleskop Hubble wurde ebenfalls mit einem Space-Shuttle (der *Discovery*) nach oben gebracht. Es wurden mehrere dieser wiederverwendbaren Raumfähren gebaut. Sie waren sehr hilfreich für den Aufbau der ISS.

Der letzte Shuttle-Flug war 2011, also vor etwa 10 Jahren. Das Shuttle-Programm war nur ein Teilerfolg. Zum Aufbau der ISS und zum Ausbringen von auch größeren Satelliten war es ein gutes Arbeitstier. Es gab aber auch Negatives im Zusammenhang mit Space Shuttles. Zwei schwere Unfälle trübten das Bild: Im Jahre 1986 brachte während des Starts der *Challenger* eine undichte Feststoffrakete den großen Treibstofftank zur Explosion, und im Jahre 2003 verglühte die *Columbia* beim Eintritt in die Erdatmosphäre, nachdem abfallendes Isoliermaterial beim Start Hitzeschildkacheln der Fähre beschädigten. Insgesamt kamen 14 Raumfahrer bei den beiden verhängnisvollen Shuttle-Flügen ums Leben.

In einem weiteren Punkt waren die Space Shuttles ebenfalls ein Misserfolg: Man dachte, dass sie die Raumfahrt erheblich billiger machen würde, da sie wiederverwendbar sind. Frühere Trägerraketen mussten für jeden Start neu gebaut werden. Sie waren daher Einmalprodukte, und man dachte, die Wiederverwendbarkeit senke den Preis.

Diese Erwartung stellte sich als falsch heraus. Zum einen war der große Treibstofftank nicht wiederverwendbar, nur die Föhre und die Feststoffraketen. Das Bergen der Raketen aus dem Meer, der Rücktransport, das Herrichten und Befüllen waren teuer. Aber auch die Föhre musste häufig aufwendig auf eine Boeing installiert von Kalifornien nach Florida zurückgebracht werden. Vor einem erneuten Start musste sie in jedem Teil sehr aufwendig inspiziert werden. Der aus Kacheln bestehende Hitzeschutz musste zeitaufwändig überarbeitet werden, da immer Kacheln verloren gingen oder nicht mehr intakt waren. Auch die an der Föhre angebrachten Haupttriebwerke brauchten aufwendige Inspektionen. Es mussten immer wieder Teile oder ganze Triebwerke ausgetauscht werden.

Hinzu kam, dass das ganze System sehr wetterempfindlich war, empfindlicher als viele Trägerraketen. Wenn einige Wolken oder stärkerer Wind aufkamen oder der Wetterbericht in Landegebieten nicht optimal war, musste der Start verschoben werden. Auch Startverschiebungen waren sehr kostspielig.

Alle diese Dinge kosteten so viel Geld, so dass es auch nicht teurer gewesen wäre, jedes Mal eine ganze Rakete neu zu bauen. Heute setzt man auf zurückkommende Raketen, um die Raumfahrt billiger zu machen (z. B. die New Shepard-Rakete).

Das Projekt der großen Raumstation nahm unter dem US-Präsidenten *Bill Clinton* 1993 konkrete Formen an. Aus Russland kamen Pläne einer *MIR-2* hinzu. Am 20. November 1998 wurde das erste Bauteil, ein in Russland errichtetes Fracht- und Antriebsmodul, mit einer Proton-Schwerlasttrake in die Umlaufbahn gebracht. Nur zwei Wochen später wurde eine Verbindungseinheit mit einem Space Shuttle ins All geschickt und mit dem Fracht- und Antriebsmodul verbunden. Der Aufbau der Raumstation ISS geschah teilweise unbemannt und teilweise bemannt.

Die erste Langzeitbesatzung kam am 2. November 2000 mit einer Sojus TM-31-Rakete zur ISS. Dann wurde das erste Solarmodul mit einem Space Shuttle zur Station transportiert.

Ein bedeutendes europäisches Modul ist das Forschungsmodul *Columbus*, das am 11. Februar 2008 an die ISS angebaut wurde. Wenige Monate später wurde das Hauptmodul aus Japan angeschlossen.

Die Umlaufbahn der ISS ist fast kreisförmig und um  $51,6^\circ$  zum Äquator der Erde geneigt. Der Höhenunterschied zwischen Apogäum und Perigäum beträgt 20 km. Eine Gemeinsamkeit hat die ISS mit unserem Mond: Sie kehrt der Erde immer dieselbe Seite zu, im Fall der ISS die Unterseite.

Normalerweise ist es so, dass Himmelskörper, die sich im Weltraum in einem Orbit um einen anderen Körper befinden, keinerlei Antrieb benötigen. Beispielsweise kreist der Mond ohne Antrieb um die Erde, und die Erde kreist antriebslos um die Sonne. Denn im Weltraum gibt es nichts, was einen Körper in der Umlaufbahn abbremst. Die Fliehkraft beim Umkreisen gleicht die Anziehungskraft des anderen Körpers aus.

Im Falle der ISS mit niedriger Umlaufbahn sieht das etwas anders aus. Definitionsgemäß fliegt sie im Weltraum, da nach offizieller Definition ab 100 km Höhe der Weltraum beginnt. Physikalisch gesehen fliegt sie allerdings nicht im Weltraum (im Sinne von luftleerem Raum), sondern noch in der Atmosphäre in einer Schicht, die sich *Thermosphäre* nennt. Der Himmel sieht zwar schon schwarz aus, aber es ist noch kein Weltraum im Sinne eines vollständig luftleeren Raums. Das bedeutet, dass es für die ISS eine Bremsung durch Reibung mit Atomen gibt. Diese Bremsung führt dazu, dass die ISS mit der Zeit zu langsam wird, um die Erdanziehungskraft mit der Fliehkraft durch das Umkreisen voll auszugleichen und sie sinkt. Im Durchschnitt sinkt die mittlere Bahnhöhe der ISS täglich um 50-150 m. Um den Höhenverlust auszugleichen, werden in unregelmäßigen Abständen sogenannte *Reboost-Manöver* durchgeführt. Das sind Beschleunigungsmanöver, die jährlich etwa 7000 kg Treibstoff benötigen. Man könnte dem Problem entgegen, indem man eine wesentlich größere Umlaufhöhe wählte, aber das ist auch nicht so einfach. Die Höhe, bis zu der noch Restatmosphäre gehen kann, ist auch von der Sonnenaktivität abhängig, schwankt sehr stark und kann bis 1500 km auslaufen. Eine klare Atmosphärenengrenze gibt es nicht. Es ist eher ein gemächliches Auslaufen in stark schwankender Höhe.

Gegen eine sehr viel größere Höhe für die ISS spricht, dass Versorgungsflüge viel aufwändiger wären. Hinzu kommt das Problem des Weltraummülls, denn wo der Mensch hinkommt, da hinterlässt er Müll. Viele zehntausend Teile Müll umkreisen die Erde und können zum Problem werden. Das geht von ausgedienten Satelliten oder Satellitenteilen bis hin zu Schrauben und Schraubenziehern, die sich in Umlaufbahnen um die Erde befinden. Viele der Müllteilchen haben Größen im Zentimeterbereich oder noch kleiner. In den niedrigen Höhen unterliegen auch die Weltraum-Müllteile der Luftbremsung, werden langsamer, sinken, verglühen und überleben daher nicht allzu lang. Das führt dazu, dass es in der niedrigeren Höhe kaum Weltraummüll gibt. In größeren Höhen gibt es dagegen sehr viel mehr solcher Objekte, da sie sich auf stabileren Bahnen bewegen.

Man kann im Internet Zeiten für die nächsten Überflüge der ISS abrufen, indem man z.B. „ISS Überflüge“ googelt. Im Unterschied zu anderen Himmelskörpern, wie den Planeten oder dem Mond, ist es im Falle der ISS nicht möglich, langfristige Bahnpositionen und Ephemeriden mit hoher Genauigkeit zu berechnen. Bei der ISS gibt es ein paar unberechenbare Faktoren. So ist die Luftbremswirkung schwankend und unvorhersehbar. Die von menschlichen Entscheidungen abhängigen Nachbeschleunigungsmanöver lassen sich auch mit keiner Formel vorausberechnen.

Nicht jeder Stern, der ohne Blinken und ohne Geräusch über den Himmel fliegt, ist die ISS. Es gibt noch zahlreiche andere Satelliten, die mit dem freien Auge zu sehen sind und scheinbar durch die Sternbilder ziehen. Die ISS ist allerdings besonders hell.

## Captain Kirk im Weltraum

Seit den 1960er Jahren gibt es die sehr bekannte Science-Fiction-Serie Raumschiff Enterprise. Die Serie spielt in der Zukunft um das Jahr 2200. Wie im Film hat man sich im letzten Jahrhundert die ferne Zukunft und die technische Entwicklung vorgestellt, und manches aus der Serie ist auch schon Wirklichkeit geworden, wie beispielsweise der *mobile Kommunikator*, der nichts anderes als ein heutiges Handy ist. Unwahrscheinlich ist, dass jemals das *Beamen* gelingen wird oder Flüge zu anderen Galaxien möglich werden. Die Serie ist unterhaltsam, auch wenn man sie wissenschaftlich nicht allzu ernst nehmen sollte.

Auf dem Raumschiff Enterprise ist der amerikanische Schauspieler *William Shatner* als *Captain Kirk* im Jahre 2200 in „unendliche Weiten zu fernen Galaxien, die noch nie ein Mensch zuvor gesehen hat“ geflogen. Im wahren Leben hat er am 13. Oktober 2021 mit 90 Jahren einen zehnmütigen Miniflug in den Weltraum gemacht. Es war ein Flug, der eher einem Schleudern durch die hohe Atmosphäre glich und noch sehr weit weg von fernen Galaxien war, wie bei der Enterprise. Laut dem Vorspann

von der Serie Enterprise müssten noch 179 Jahre vergehen, bis das Beamen erfunden wird und zu fernen Galaxien geflogen werden kann. Überschreitet man eine Höhe von 100 km, ist man nach offizieller Festlegung im Weltraum gewesen, und daher ist der Schauspieler der älteste Mensch, der je im Weltraum war. Mit ihm als Gast flogen zwei Unternehmer und die Vizepräsidentin der Raumfahrtagentur *Blue Origin*, die dem Amazongründer *Jeff Bezos* gehört. Es war der zweite bemannte Flug dieser Agentur. Diese Art der privaten Raumfahrt löst auch Diskussionen über die Umweltbelastung solcher Flüge aus.

## Umweltbelastung durch Raumfahrt

Das Thema Umweltbelastung durch die Raumfahrt spielte bisher keine große Rolle. Es ist allerdings so, dass der Start in den Weltraum ein gewaltiger Kraftakt ist. Es müssen sehr hohe Geschwindigkeiten erreicht werden, und riesige Treibstoffmengen werden für einen Raketenstart benötigt. Die legendäre Saturn V-Mondrakete mit 150 Mio. PS fraß in ihrer ersten Stufe etwa 13 t Treibstoff pro Sekunde (ein Tankwagen). Beim Space Shuttle waren es etwa 10 t. Die Treibstoffmenge eines vollgetankten Jumbo-Jets wäre in 2 Sekunden verbraucht.

Was die Umweltbelastung von Raketen betrifft, so muss man zwischen den verschiedenen Antriebsarten unterscheiden, denn es gibt schädlichere und weniger schädliche Antriebe.

Am ungünstigsten für die Umwelt sind die Feststoffraketen. Sie sind allerdings auch die billigste Raketenart, da sich in der Rakete keine beweglichen Teile und keine Treibstoffleitungen befinden. Oft werden sie auch als große Silvesterraketen bezeichnet. Man erkennt sie daran, dass sie beim Aufsteigen eine große graue Rauchspur unter sich herziehen. Feststoffraketen werden bzw. wurden beispielsweise bei der Ariane 5 und beim Space Shuttle eingesetzt. Die Rettungsraketen an der Spitze der Saturn V waren auch kleine Feststoffraketen. Diese mussten glücklicherweise nie eingesetzt werden.

Feststoffraketen gibt es schon sehr lang. Schon im 7. Jahrhundert wurden im Byzantinischen Reich Bambusrohre mit einer Mischung aus Salpeter und Schwefel gefüllt und abgeschossen. Feststoffraketen können alle möglichen Arten fester Brennstoffe enthalten. Die heutigen Weltraum-Raketen stoßen Aluminiumpartikel und Rußpartikel aus, dessen Wirkung in hohen Atmosphärenschichten nicht genau bekannt ist. Auch CO<sub>2</sub> wird in hohen Atmosphärenschichten viel langsamer abgebaut. Besser von der Umweltbilanz sind Flüssigkeitsraketen, aber da gibt es auch unterschiedliche Sorten. Die Saturn V war eine Flüssigkeitsrakete. Sie arbeitete in der ersten Stufe mit flüssigem Sauerstoff und Raketenkerosin. Solche Raketen haben eine etwas bessere Umweltbilanz als die Feststoffraketen, wenn auch keine gute.

Noch am besten schneiden Flüssigkeitsraketen mit nur flüssigem Sauerstoff und Wasserstoff ab. Hier kommt aus dem Triebwerk neben Schub im wesentlichen Wasserdampf heraus. Die New-Shepard-Rakete, mit der auch der Schauspieler William Shatner flog, hat einen solchen Antrieb, aber auch die Saturn V in der 2. und in der 3. Stufe.

Das Thema Umweltbelastung durch Raumfahrt spielte bis jetzt bei Umweltschützern und Klimaforschern keine Rolle. Es gab in der Vergangenheit nur sehr wenige, zählbare Raketenstarts. Der Ausstoß von CO<sub>2</sub> und anderen Schadstoffen war zu vernachlässigen gegenüber Milliarden Autos, Tausenden von Kraftwerken und der Industrie.

Jetzt könnte sich allerdings das Blatt wenden, denn die private Raumfahrt kommt ins Spiel. Immer mehr private Organisationen bieten Raumflüge für reiche Privatpersonen an (z. B. *SpaceX*, *Blue Origin* und *Virgin Galactic*). Die Zahl der Raketenstarts könnte sehr stark ansteigen und ist auch schon in den vergangenen Jahren stark angestiegen.

Im Jahre 1957 gab es noch 3 Raketenstarts, und 2020 waren es schon 114. In Zukunft will allein *Virgin Galactic* jährlich bis zu 400 Starts durchführen, und das auch noch mit Feststofftriebwerken. Es kommen immer mehr private Raumfahrt-Anbieter auf den Markt. Wenn viele private Raumfahrt-Anbieter ähnlich viele oder mehr Flüge wie *Virgin Galactic* durchführen sollten, dann könnten schnell jährlich mehrere tausend Raketen starten, und deren Umweltschädigungen wären dann nicht mehr vernachlässigbar. Selbst bei der umweltfreundlichsten Raketenart, der Flüssigkeitsrakete mit reinem flüssigen Sauerstoff und Wasserstoff, ist nicht erforscht, was häufige Raketenstarts in der empfindlichen Ozonschicht anrichten.

## Weltraum in 100 km Höhe

Wie schon erwähnt, wird der Weltraum ab einer Höhe von 100 km über dem Meeresspiegel definiert. In dieser Höhe ist man noch in der Atmosphäre. Die 100-km-Höhe entspricht in etwa einer Linie, die sich Kármán-Linie nennt. Bis zu dieser Höhe könnten gerade noch sehr schnelle Flugzeuge mit Flügeln genügend Auftrieb zum Fliegen erreichen. Je dünner die Luft ist, desto schneller muss geflogen werden, um noch genügend Auftrieb zum Fliegen zu erlangen. Oberhalb der 100 km-Linie müsste man für ausreichenden Auftrieb so schnell fliegen, dass es der Geschwindigkeit eines Satelliten gleichkäme. Die Linie gilt daher als Grenze zwischen Luftfahrt und Raumfahrt.

Die definierte 100-km-Höhe für den Weltraum ist in Europa und in vielen anderen Ländern, aber nicht weltweit gültig. Eine international gültige Höhe gibt es nicht. Bei der US-Airforce und auch bei der NASA gilt eine Höhe von 50 Meilen. Das sind etwa 80 km.

Ab einer Höhe von 35 - 40 km erscheint der Himmel schwarz und nicht mehr blau. Es ist etwa die Höhe, die von speziellen Gasballons erreicht worden ist. Die höchsten Ballonfahrer hatten auch schon einen weltraumartigen Ausblick, auch wenn sie definitionsgemäß noch nicht im Weltraum waren.

## Fernsehsatelliten

Eine große Herausforderung ist die Beobachtung der ASTRA-Fernsehsatelliten. Diese Satelliten befinden sich in geostationären Bahnen um die Erde. Sie umkreisen die Erde in 36000 km Höhe. Für einen Umlauf benötigen die Satelliten dieselben 23 Std. und 56 Min., die die Erde für eine Drehung um ihre Achse braucht. Daher bleiben die Satelliten immer über derselben Stelle der Erdoberfläche.

Die Satelliten sind nur in größeren Teleskopen zu sehen. Sie erscheinen wie ein kleiner, schütterer Sternhaufen. Eine mögliche Nachführung am Fernrohr muss ausgeschaltet sein.

Andere Sterne am Himmel unterliegen aber der üblichen Himmelsdrehung, und daher scheint es so, als würden die anderen Sterne geisterhaft durch den Sternhaufen ziehen. Im Unterschied zur ISS erscheinen die ASTRA-Satelliten in Amateurfernrohren punktförmig. Die Helligkeit beträgt etwa 13m. Man braucht daher ein größeres Teleskop.

Es ist jedoch nicht ganz einfach, die ASTRA-Satelliten zu finden. Aufgrund der Bahnstörungen durch den Mond und durch die großen Planeten wandern auch diese Satelliten geringfügig über der Erdoberfläche hin und her. Die ungefähre Richtung, in die man ein Fernrohr richten muss, beträgt 34,5° in der Höhe und 168,5° Azimut (N=0°, O=90° usw.)

### GPS-Satelliten

Viele Autofahrer lassen sich von „Navis“ ans Ziel lotsen. Eine Stimme, bei luxuriöseren Geräten mit wählbaren Stimmen von Prominenten, sagt an, wo man hinfahren muss. Man braucht nur den Anweisungen der Stimme folgen, oder manchmal auch nicht! Denn Navis lotsen auch manchmal in verbotene oder nicht befahrbare Straßen, und Autos blieben auch öfters in zu engen Gassen hängen.

Ermöglicht wird das Ganze durch 24 amerikanische Satelliten. Sind diese GPS-Satelliten in einem Teleskop sichtbar?

Die Satelliten umkreisen die Erde in etwa 20200 km, sind also nicht geostationär. Mit 11 – 12m sind sie etwas heller als die ASTRA-Satelliten, aber man müsste irgendwie herausfinden, wann und wo sie fliegen. Außer einem unscheinbaren, fliegenden Punkt ist im Amateurfernrohr nicht viel von einem GPS-Satelliten zu sehen.

### Schattenvorübergänge und Verfinsterungen von Jupitermonden

Ereignis	Mond	Datum	Uhrzeit
Schattenvorübergang	Io	So., 14.11.	20.27 – 22.45
Verfinsterungsende	Io	Mo., 15.11.	19.53
Verfinsterungsende	Kallisto	Mo., 15.11.	20.59
Schattenvorübergangsanfang	Ganymed	Di., 16.11.	20.07
Schattenvorübergangsende	Europa	Fr., 19.11.	18.11
Verfinsterungsende	Io	Mo., 22.11.	21.48
Schattenvorübergangsende	Io	Di., 23.11.	19.09
Schattenvorübergang	Europa	Fr., 26.11.	17.59 – 20.48
Schattenvorübergang	Io	Di., 30.11.	18.48 – 21.05
Verfinsterungsende	Io	Mi., 1.12.	18.13
Schattenvorübergangsanfang	Europa	Fr., 3.12.	20.37
Verfinsterung	Ganymed	Sa., 4.12.	18.07 – 21.39
Verfinsterungsende	Europa	So., 5.12.	18.34
Schattenvorübergangsanfang	Io	Di., 7.12.	20.43
Verfinsterungsende	Io	Mi., 8.12.	20.08
Schattenvorübergangsanfang	Kallisto	Fr., 10.12.	19.13
Verfinsterungsende	Europa	So., 12.12.	21.12
Schattenvorübergangsende	Io	Do., 16.12.	19.25
Schattenvorübergangsende	Europa	Di., 21.12.	17.59
Schattenvorübergangsende	Ganymed	Mi. 22.12.	19.49
Schattenvorübergang	Io	Do., 23.12.	19.03 – 21.20
Verfinsterungsende	Io	Fr., 24.12.	18.28
Schattenvorübergangsende	Europa	Di., 28.12.	20.37

### Sternbedeckungen durch den Mond

Ereignis	Datum	Uhrzeit	Helligk.	Beleuchtg.	Position	Sternhöhe	a(s)	b (s)	Stern
Eintritt	Fr, 17.12.	22.36.07 Nacht	+4,28m	99%	59,7°	64,1°	-82	+126	94 τ Tauri
Austritt	Fr, 24.12.	2.52.36 astr, Dä,	+3,52m	78%	342,2°	49,4°	+130	-369	30 η Leonis

Die Tabelle gibt nur Ereignisse am dunklen Mondrand wieder. Bei einem Austritt scheint der Stern plötzlich aufzutauchen und bei einem Eintritt zu verschwinden. In der Spalte *Position* wird der Positionswinkel des auftauchenden bzw. verschwindenden Sterns wiedergegeben. Er wird von der Mondmitte von der Zenitrichtung (also von oben) gegen den Uhrzeiger gemessen (0° wäre oben wie 12 Uhr, 90° wäre links wie 9 Uhr, 180° wäre unten wie 6 Uhr und 270° wäre rechts wie 3 Uhr auf einem Zifferblatt).

Die Uhrzeiten sind in Stunden.Minuten.Sekunden angegeben und gelten für den Standort der Sternwarte. Wenn man ein Bedeckungsereignis an einem anderen Ort beobachten will, dann kann man mit den Spalten a (s) und b (s) die Zeiten umrechnen mit der Formel:

$$\text{Uhrzeit} + a(\text{geogr. Länge}+11.3654)+b(\text{geogr. Breite}-47.9602) \text{ Sekunden.}$$

Östliche Längen und südliche Breiten werden in Formeln mit negativen Vorzeichen gerechnet.

Der Ort sollte allerdings nicht zu weit von der Sternwarte entfernt sein, sonst wird die Formel ungenau. Für Orte in Oberbayern funktioniert sie recht gut, aber für Orte beispielsweise in den USA oder Afrika geht sie nicht. Je näher an der Sternwarte, desto genauer ist die Formel.