

Die Mars-Oppositionen 2014, 2016, 2018, 2020, 2022 und 2025

Besonderheiten und Unterschiede, hilfreich zum Vorbereiten und Auswerten von Beobachtungen

Karl-Heinz Bücke, Radebeul (2024-09-10)

Einleitung

Der rote Planet ist ein interessantes Beobachtungsobjekt, bei dem man bereits in kleineren Teleskopen bei Erdnähe einige Details entlocken kann. Auf dem Mars gibt es Jahreszeiten u.a. mit weißen Polkappen abwechselnd auf dem Nord- oder Südpol. Mit den folgenden Betrachtungen soll versucht werden, die natürlichen Erscheinungen auf dem Mars und die wechselnden Beobachtungsbedingungen von der Erde aus im Zusammenhang zu sehen.

Mars steht in Opposition, wenn die Erde den Planeten Mars auf den Umlaufbahnen um die Sonne überholt. Dies wiederholt sich nach reichlich zwei Jahren. Trotz dieser Regelmäßigkeit gibt es große Unterschiede. Zu den Oppositionen steht Mars in verschiedenen Tierkreis-Sternbildern und erreicht unterschiedliche minimale Abstände zur Erde. Sie variieren zwischen 56 bis 100 Mio km. Als Folge kann der Nachbarplanet zur Oppositionszeit maximal -2,85 Größenklassen hell leuchten, aber immer heller als Sirius, dem hellsten Stern. Im Teleskop erscheint Mars je nach scheinbarer Größe und Phase sehr unterschiedlich.

In diesen Betrachtungen geht es um Besonderheiten und Unterschiede, die uns Mars im Fernrohr bietet. Diese Ausführungen sind hilfreich zur Vorbereitung und Auswertung von Beobachtungen und ebenso nützlich zum Verstehen der Ergebnisse. Nach einer Einführung werden die fünf oben genannten Oppositionen behandelt und einige physischer Ephemeriden grafisch dargestellt.

Anders als in den meisten Darstellungen habe ich als Grundlage das Marsjahr gewählt. Es beginnt, wenn die Sonne den Marsäquator von Süd nach Nord überquert. Da wir den Mars von der Erde aus nur wenige Wochen um die Oppositionen gut beobachten können, erfassen diese Beobachtungen nur einen bescheidenen Teil eines Marsjahrs. Die grafischen Darstellungen im Anhang stellen nun die physischen Ephemeriden jeweils für ein Marsjahr dar. Vorweggenommen: das Jahr beginnt mit $L_s = 0^\circ$ und endet mit $L_s = 360^\circ$. Man kann in den Grafiken gut erkennen, welche Bereiche der Marsjahre günstig zu beobachten sind. Nun fehlt eine Verbindung mit den Marsjahren und unserem gregorianischen Kalender. Für diesen Zweck werden im oberen Teil der grafischen Darstellungen die Jahre und Monate des gregorianischen Kalenders angegeben. Somit ist eine Verbindung zwischen unserem Erdkalender und dem Marskalender hergestellt. Auf Monate kann man im Marskalender gut verzichten. Der Marskalender ist bei Amateuren leider wenig gebräuchlich, bei der Steuerung der Raumsonden inzwischen unverzichtbar.

Etwas theoretisches Grundwissen ist zum Verstehen dieser Ausführungen erforderlich. Je nach den Vorkenntnissen könnte es vorteilhaft sein, weitere Informationsquellen ergänzend zu nutzen.

Mars ist in unserem Planetensystem der vierte Planet und damit der äußere Nachbar der Erde. Im Vergleich zur Erde ist sein Durchmesser (6800 km) etwa nur halb so groß, die Oberfläche beträgt ein Viertel und seine Masse nur ein Zehntel. Wegen der rötlichen Farbe wird er auch als roter Planet bezeichnet. Obwohl kein freies Wasser vorhanden und die Atmosphäre recht dünn ist, gilt Mars als erdähnlich, aber nicht lebensfreundlich.

Die Neigung der Rotationsachse

Neben diesen genannten Unterschieden haben Erde und Mars aber auch wesentliche Gemeinsamkeiten: Bei beiden Planeten ist die Rotationsachse um etwa 25° gegen die Normale der Bahnebene geneigt. Genau sind es bei der Erde $23,5^\circ$ und beim Mars $25,3^\circ$. Deshalb kommt es bei beiden Planeten zu ausgeprägten Jahreszeiten, die aber im Wesen nicht vergleichbar sind. Die Marsatmosphäre ist anders zusammengesetzt und wesentlich dünner als die der Erde. Die Temperaturen auf dem Mars sind auch wegen der größeren Entfernung von der Sonne niedriger (-133 °C bis 27 °C). Im Laufe der winterlichen Jahreszeiten tragen die Marspole weiße Polkappen, die u.a. aus Kohlendioxid und Wassereis bestehen. Es können große globale Staubstürme auftreten. Dann sind möglicherweise nur noch wenige Einzelheiten auf dem blass erscheinenden Mars zu erkennen. Aber globale Staubstürme treten nicht in jedem Marsjahr auf. Die Beobachtung kleinerer lokaler Staubstürme dagegen kann interessant sein.

Jahreszeiten und Perihel

Erde und Mars umlaufen die Sonne auf elliptischen Bahnen. In Perihelnähe ist die Bahngeschwindigkeit größer als bei Aphelerne. Da die numerische Exzentrizität bei der Erde nur 0,0167, aber bei Mars 0,09341 beträgt, sind die Jahreszeiten bei Mars merklich unterschiedlicher als bei der Erde. Bei der Nordhalbkugel der Erde fallen Sonnenferne und Sommer nahezu zusammen, zufällig genähert ebenso beim Mars. Auf der Erde ist die Sonneneinstrahlung annähernd gleich, anders beim Mars. Wenn auf der Nordhalbkugel des Mars Sommer ist, ist die Sonneneinstrahlung geringer als während des Sommers auf der Südhalbkugel wegen der größeren Sonnennähe. Diese Unterschiede bedingen, dass die weißen Polkappen des Südpols eine größere Ausdehnung haben, weil sie sich während des Südwinters und gleichzeitiger Sonnenferne bilden. Aus gleichem Grund beginnen Staubstürme nur auf der Südhalbkugel im Sommer und Herbst, bleiben lokal oder weiten sich global über den ganzen Planeten aus.

Die Rotationszeit

Eine weitere Gemeinsamkeit von Mars und Erde ist die Rotationszeit von rund 24 Stunden. Bei der Erde sind es 23 Stunden und 56 Minuten. Mars rotiert in 24 Stunden und 37 Minuten, also etwa 41 Minuten langsamer als die Erde.

Im folgenden werden wir sehen, wie sich all diese Unterschiede und Gemeinsamkeiten auswirken.

Grafische Darstellung der Ephemeriden

Mit amateurastronomischen Instrumenten zeigt Mars viele Details mit jahreszeitlichen Änderungen. Wann und was auf dem Mars beobachtbar ist, wird durch die Jahreszeiten und durch die Positionen von Mars und Erde bestimmt. Diese Beobachtungsbedingungen werden durch Ephemeriden beschrieben, die man Jahrbüchern, Zeitschriften oder verschiedenen Angeboten im Internet entnehmen kann. Zum Verständnis dieser Ephemeriden sind natürlich einige Kenntnisse erforderlich. Aber selbst wenn man die Bedeutung und Definition der einzelnen Daten kennt, werden bestimmte Zusammenhänge erst durch grafische Darstellungen über einen längeren Zeitraum erkennbar.

Deshalb werden im Anhang für die Oppositionen 2014, 2016, 2018, 2020, 2022 und 2025 einige wesentliche Ephemeriden grafisch ausgewertet. Was sich aus diesen Darstellungen alles erkennen lässt, möchte ich im folgenden beschreiben. Für die Grafiken und Angaben in diesem Text habe ich eigene Berechnungen verwendet.

Die Anhänge bestehen jeweils aus mehreren Diagrammen und ergänzenden Informationen. Auf den ersten Blick könnten sie für den Betrachter weniger Aussagekräftig wirken. Deshalb folgt nun eine Einführung, wie man diese Diagramme „lesen“ sollte.

Jedes Diagramm stellt ein Marsjahr dar. Die Diagramme sind einheitlich aufgebaut und somit direkt vergleichbar.

Marskalender und Marsjahre

Für den Mars gibt es keinen allgemeingültigen Kalender. Es gibt mehrere Entwürfe oder Vorschläge, die selbst Schaltjahre berücksichtigen. Da Marskalender mit eigenen Marsmonaten keine Vorteile für die Beobachtung des roten Planeten bringen, soll darauf hier nicht eingegangen werden. Sinnvoll ist es aber schon, Jahre auf dem Mars wie bei der Erde als Umläufe um die Sonne zu zählen. Auf der Erde sind unterschiedliche Kalender mit geschichtlichem Hintergrund gebräuchlich. Bei den westlichen Kulturen wird das Jahr in zwölf Monate geteilt und seit dem Mittelalter mit dem 1. Januar begonnen. Es gibt aber auch irdische Kalender, die z. B. mit dem Frühlingsanfang beginnen. Ein solcher Jahresanfang ist astronomisch definiert und auch auf den Mars anwendbar. Deshalb beginnt in den Diagrammen das Marsjahr mit dem Frühlingsanfang auf der Nordhalbkugel. Unter Mars-Wissenschaftlern wird folgender Marskalender [1] benutzt: Das Marsjahr 1 beginnt mit dem Frühlingsanfang am 11. April 1955. Die Marstage werden fortlaufend als sogenannte Sols gezählt. 668,5907 Sols entsprechen einem Marsjahr.

In den Anhängen beziehe ich mich auf diese Marsjahre. So befand sich Mars während der Opposition 2014 im Marsjahr 32.

Nur zur Info: eine mögliche Schreibweise des Marskalenders wäre es, das Jahr (einen speziellen Begriff für das Marsjahr ist mir nicht geläufig) und anschließend die Anzahl der vergangenen Sols anzugeben, z. B. kann man den 96 Sol im Jahr 32 so schreiben: 32/96. Dieser vereinfachte Kalender wird z. B. auch beim Betreiben der Marssonden verwendet.

Beobachtungen des Mars während verschiedener Oppositionen kann man gut vergleichen, wenn schon Marsjahre und Sols und oder die Ephemeride Ls angegeben ist.

Länge Ls

Die Marsjahre beginnen mit dem Frühlingsanfang, der mit Ls = 0 definiert ist. Deshalb ist ganz unten auf den Diagrammen die Länge Ls eingetragen. Diese Länge bezieht sich auf die Position der Sonne entlang der auf den Marshimmel projizierten Marsbahn. Analog auf die Erde bezogen entspricht diese Ebene der Sonnenbahn und somit der Ekliptik. Die Länge Ls wird auf dieser Bahnebene vom Schnittpunkt des Mars-Himmelsäquator an gezählt. Ls ist mit der geozentrischen ekliptikalnen Länge der Sonne vergleichbar. Angegeben wird die Koordinate Ls leider nur in speziellen Ephemeriden-Tabellen und in den Mars-Ephemeriden meiner Homepage. In der anschließenden Linkssammlung ist auch eine Berechnungsmöglichkeit angegeben.

Jahreszeiten, Aphel und Perihel, Staubsturmsaison

Über der Skala mit den Ls-Werten sind die Jahreszeiten auf dem Mars angegeben. Wegen der stark elliptischen Umlaufbahn ist auch wichtig zu wissen, wann Mars das Aphel und Perihel durchläuft.

Hier wird auch angegeben, wann eventuell eine Staubsturmsaison zu erwarten ist; nämlich auf der Südhalbkugel, wenn sich Mars nahe des Perihels befindet.

Opposition, Rückläufigkeit und Phasenwinkel

Nun springen wir an den oberen Teil der Diagramme. Dort ist das Datum der Opposition angegeben. Zu den anderen Daten komme ich gleich. Etwas weiter unten ist nun endlich die Zeitskala unseres irdischen gregorianischen Kalenders mit Monaten und Jahreszahlen eingetragen. Ein vollständiges irdisches Jahr reicht für ein Diagramm nicht aus, weil der Planet Mars für einen Umlauf um die Sonne rund 22 1/2 irdische Monate benötigt.

In diesen Diagrammen wird zur vereinfachten Darstellung angenommen, dass die Ephemeride L_s gleichförmig zunimmt. Die tatsächlich unterschiedliche Bahngeschwindigkeit des Mars um die Sonne wird in diesen Diagrammen aus einfachen Gründen in der Weise berücksichtigt, dass die irdische Zeit angepasst an die Umlaufgeschwindigkeit des Mars variabel verläuft.

Unter dem Datum der Opposition ist der Zeitraum der Rückläufigkeit eingetragen, die sich aus der geozentrischen Schleifenbewegung ergibt. Während der Rückläufigkeit ist die Beobachtung wegen Erdnähe besonders günstig. Weiterhin ist auch das Datum der Konjunktion angegeben.

Ein weiterer Effekt ist für Beobachtungen wichtig: Vor und nach den Oppositionen stehen vom Mars aus gesehen Sonne und Erde nicht in der gleichen Richtung. Dieser Winkel zwischen Sonne und Erde, Phasenwinkel genannt, kann maximal 47.5° betragen. Deswegen kann Mars eine gut sichtbare Phasengestalt zeigen. Zu den Zeitpunkten der maximalen Phasenwinkel sind zusätzlich der sichtbare Teil k und der scheinbare Durchmesser angegeben.

Jahreszeiten, Aphel und Perihel, Staubsturmsaison

In der Mitte der Grafiken befinden sich zwei Diagramme. Aus dem oberen kann man die Veränderungen des scheinbaren Durchmessers und der geozentrischen Deklination ablesen. Es sind zwei Werte, die in keinem Zusammenhang stehen. Es geht hier nur darum, einfach zu erkennen, wie groß Mars erscheint und wie hoch er über dem Horizont kulminieren kann. Beim Verlauf des Durchmessers fällt sofort auf, dass er nur in Oppositionsnähe relativ kurzzeitig merklich größer wird. Auf die Angabe der visuellen Helligkeit wird hier ganz verzichtet, sie nimmt in Oppositionsnähe ebenso wie der scheinbare Durchmesser zu.

Beim Verlauf der Deklination spielt die geozentrische ekliptikale Breite des Mars eine wesentliche Rolle, die sich durch die Neigung der Marsbahn gegen die Erdbahn um fast 2° ergibt. Der absteigende Knoten liegt bei $L_s 144^\circ$ und der aufsteigende Knoten bei 322° . Da das Perihel, wie in den Grafiken angegeben, fast genau zwischen diesen Knoten liegt, befindet sich Mars während perihelnaher Oppositionen immer auf südlichen ekliptikalnen Breiten. In Oppositionsnähe vergrößert sich die geozentrische ekliptikale Breite durch Projektion zusätzlich. Mars kann von der Erde aus gesehen bis zu 7° südlich und etwas weniger nördlich der Ekliptik stehen. Beispielsweise erreicht am 5. August 2018 die geozentrische ekliptikale Breite den südlichsten Wert von -6.6° , dadurch beträgt die Deklination -26.6° .

Diagramm Deklination von Sonne und Erde auf dem Mars

Das untere Diagramm in Verbindung mit den Jahreszeiten vermitteln wesentliche Daten, die den Anblick des Mars von der Erde im Teleskop beschreiben. Die Deklination D von Sonne und Erde sind die Erhebungen von Sonne und Erde über der Ebene des Marsäquators. Die Deklination der Sonne stellt wie bei der Erde eine Sinuskurve dar und korreliert mit den Jahreszeiten. Die Kurve der Deklination der Erde ist komplizierter und eine Überlagerung von verschiedenen Faktoren. Dazu zählt u. a. der wechselnde Abstand zwischen Mars und Erde. Die Deklinationen von Sonne und Erde auf dem Mars dürfen nicht mit den geozentrischen Deklinationen verwechselt werden.

Aus der Deklination der Sonne kann man z. B. erkennen, ob der Nord- oder Südpol von der Sonne beschienen wird. Entsprechend gibt es Polartage und -nächte. Wann die von der Sonne beleuchteten Pole von der Erde aus sichtbar sind, erfährt man durch die Deklination der Erde. Es gibt Übergangszeiten, bei denen z. B. die Sonnenstrahlen sehr hohe Breiten beleuchten, der Pol selbst aber im Dunklen bleibt. Genau so kann man auch weiße Polkappen beobachten, obwohl der Pol selbst von der Erde aus nicht direkt sichtbar ist.

Im Folgenden werden die Beleuchtungsverhältnisse des Nordpols beschrieben, für den Südpol gelten diese natürlich analog. Immer vom Frühlingsanfang bis zum Sommerende wird der Nordpol von der Sonne beschienen. Während des Herbstanfangs und Winters herrscht am Nordpol Polarnacht.

Wenn die Polregionen im Herbst und Winter nicht mehr von den Sonnenstrahlen erreicht werden, bilden oder vergrößern sich die weißen Polkappen; für uns auf der Erde wegen des fehlenden Sonnenlichtes nicht unmittelbar sichtbar. Während des Frühlings und Sommers kann dann das Abschmelzen der Pole beobachtet werden.

Beim Übergang der Jahreszeiten gibt es Übergangszeiten, bei denen die Pole von der Sonne nicht vollständig beleuchtet bzw. unbeleuchtet sind und gleichzeitig aber ein Blick von der Erde aus auf die Polregionen möglich ist.

Aus den Diagrammen wird wie bereits oben schon einmal beschrieben erneut deutlich, dass durch das Zusammenspiel von Jahreszeiten und Lage von Aphel und Perihel die Südwinter ausgeprägter als die Nordwinter sein müssen. Begründet ist das darin, dass die Sonneneinstrahlung während Herbst und Winter auf der Südhalbkugel geringer ist, weil sich Mars jeweils sonnenfern nahe des Aphels aufhält.

Vergleich der Grafiken und Oppositionen

Diese eben beschriebenen Erkenntnisse kann man gewinnen, wenn man die einzelnen Angaben der Grafiken miteinander vergleicht. Bemerkenswert sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Oppositionen. Daraus ist wiederum erkennbar, welche Erscheinungen auf dem roten Planeten zu den jeweiligen Oppositionen beobachtbar sein können. Die jahreszeitlichen Erscheinungen wiederholen sich nicht regelmäßig. So wie es nicht immer zu Staubstürmen kommen muss, sind auch die anderen Erscheinungen unterschiedlich stark ausgeprägt.

Beim Vergleich der nebeneinander gelegten Grafiken fallen die Unterschiede am leichtesten auf. Hier sollen einige genannt werden, weitere wird jeder für sich herausfinden können.

Während der Oppositionen in den Jahren 2014 und 2016 war auf der Nordhalbkugel Sommer, 2018 wird es Herbst sein und 2020 gar Winter. Staubstürme könnten 2018 und 2020 auftreten und die Sicht auf die Oberfläche mindern. 2014 und 2016 war der Nordpol kaum vereist. 2018 und 2020 ist eventuell das Abschmelzen des vereisten Südpols sichtbar. 2014 hatten Sonne und Erde auf dem Mars jeweils eine Deklination von 20° und mehr. Mars zeigte seinen Nordpol. 2016 war die Deklination der Erde wesentlich niedriger und so konnte man auf den Nordpol blicken und gleichzeitig die südlichen Breiten gut sehen. Deshalb war auch ein heller Dunst in Südpolnähe erkennbar.

Hier eine kleine Rückschau: 2018 waren für Marsbeobachtungen auf der Nordhalbkugel der Erde ungünstige Sichtbarkeitsbedingungen, besser war es 2020. Mars stand zwar nicht mehr der Erde so nah, aber er stand für Beobachter wesentlich höher über dem Horizont. 2022 wiederholen sich diese Bedingungen in ähnlicher Weise. Aber auf der Südhalbkugel war zur Opposition 2018 Frühling und zur Opposition 2022 wird bereits Sommer sein.

Perioden der Oppositionen

Mars steht in Opposition, wenn heliozentrisch die Erde den Mars überholt. Dies wiederholt sich ungefähr nach 780 Tagen (synodische Umlaufperiode). Mars bewegt sich in dieser Zeit um etwa 408° in seiner Bahn. Es sind also jeweils 48° mehr als ein siderischer Umlauf. Anders ausgedrückt finden Oppositionen immer um ca. 48° versetzt auf seiner Bahn statt. Nach etwa 15 Erdjahren befindet sich Mars zur Opposition wieder an einer ähnlichen Position auf seiner Bahn und die Opposition verläuft entsprechend ähnlich.

Es gibt weitere Perioden mit 32, 47, 79 und 284 Jahren [2]:

15 Erdjahre entsprechen genähert 8 Marsjahren,
32 Erdjahre entsprechen genähert 17 Marsjahren,
47 Erdjahre entsprechen genähert 25 Marsjahren,
79 Erdjahre entsprechen genähert 42 Marsjahren und
284 Erdjahre entsprechen recht genau 151 Marsjahren.

So ähneln sich die Oppositionen von 2003 mit 2018; von 2005 mit 2020; von 2007 mit 2022 und von 2010 mit 2025. Es bietet sich an, die Beobachtungsergebnisse aus den eben genannten Jahren zu vergleichen.

Günstig sind Oppositionen dann, wenn sich Mars nahe seines Perihels befindet und daher der Erde sehr nahe kommen kann. Dann erscheint sein Durchmesser bis zu $25,5''$ groß, während bei aphelnahmen Oppositionen nur rund $14''$ erreicht werden. Aus den Bahnlagen folgt, dass Periheloppositionen im August oder September und Apheloppositionen im Februar und März stattfinden.

Perihelnahe Oppositionen sind aber für Beobachtungen nicht immer günstig. Denn es gibt ein Problem, das mit der Stellung der Rotationsachse der Erde im Raum zusammen hängt. Je nach geografischer Breite des Beobachtungsortes und des Monates, in dem die Opposition stattfindet, erreicht Mars unterschiedliche Höhen über dem Horizont. 2016 hatte Mars eine Deklination von ca. -22° und stand für Beobachter auf der Südhalbkugel sehr günstig. Vergleicht man zu den günstigen Oppositionsterminen die geozentrischen Deklinationen, dann sind Beobachter auf der Südhalbkugel bevorteilt.

Zur Vollständigkeit möchte ich auf eine Besonderheit bei Mars-Oppositionen aufmerksam machen. Durch die stark elliptische Bahn des Mars fallen die Oppositionstermine nicht unbedingt mit der größten Erdnähe zusammen. Diese wird meistens wenige Tage vor oder nach der Opposition erreicht. Ein Planet steht in Opposition, wenn sich die ekliptikale Längen von Sonne und Planet genau um 180° unterscheiden. Durch die stark elliptische Bahn des Mars ändert sich in Erdnähe der Abstand zur Erde schnell und fällt rechnerisch nicht mit der Opposition zusammen. Deshalb wird neben dem Termin für die Opposition auch der Zeitpunkt der größten Erdnähe angegeben.

Anblick des Mars an aufeinander folgenden Tagen

Da Erde und Mars ähnliche Rotationszeiten haben, ändert sich der Anblick an den Folgetagen zur gleichen Uhrzeiten nur wenig. Es wird annähernd 40 Tage dauern, bis die gesamte Oberfläche von der Erde aus zur gleichen Beobachtungszeit wieder sichtbar wird. Deshalb kann man innerhalb von wenigen Tagen nicht alle Gebiete der Marsoberfläche beobachten. Dieser Umstand ist besonders nachteilig, wenn Mars nur geringe Höhen über dem Horizont erreicht und die tägliche Beobachtungszeit dadurch relativ kurz ist. Bei sehr großen Höhen kann man zwischen Auf- und Untergang schon größere Teile der Marsoberfläche beobachten.

Abschließendes

Die Anhänge mit den grafischen Darstellungen kann man drucken und nebeneinander legen. Dann ergeben sich fortlaufende Marsumläufe (Marsjahre).

Diese Ausführungen sollen anregen, weitere Beobachtungsbedingungen aus den Grafiken zu erkennen und mit bereits durchgeführten Beobachtungen zu vergleichen. Spezielle Erscheinungen auf dem Mars sind nicht vorhersagbar, jede Opposition ist speziell, Mars ist immer für Wandlungen und Überraschungen bereit.

Anhänge in einer separaten Datei:

Grafiken zu den Mars-Oppositionen 2014, 2016, 2018, 2020, 2022 und 2025

[1] nach einer Veröffentlichung von Cantor, Bruce A., James, Philip A. Und Calvin, Wendy M., „MARCI and MOC observations of the atmosphere and surface cap in the north polar region of Mars“

[2] Wattenberg, Mars der rote Planet, Urania-Verlag 1956, Seite 42

Einige weitere Quellen:

Karl-Heinz Bücke, Ephemeriden für Sternfreunde (mit Ephemeriden-Tabellen)
URL: <https://www.buecke-info.de/astrotips/index.htm>

Grischa Hahn, WinJUPOS (Ephemeriden und Bildauswertung)
URL: <https://www.jupos.org/gh/download.html>

ALPO Mars Section
URL: <https://alpo-astronomy.org/Mars/Publications/Index>

Jeff Beish, General Information – Observing Mars
URL: https://alpo-astronomy.org/jbeish/General_Info_Mars.html

Christopher Go, Astrophotography from Cebu City, Philippines
URL: <https://astro.christone.net/mars>

Damian Peach, Views of the Solar System
URL: <https://www.damianpeach.com/marsindex.htm>

Link zur Berechnung des Marskalenders:
URL: https://www-mars.lmd.jussieu.fr/mars/time/martian_time.html