

Die Mars-Oppositionen 2014, 2016, 2018 und 2020

Besonderheiten und Unterschiede, hilfreich zum Vorbereiten und Auswerten von Beobachtungen

Karl-Heinz Bücke, Radebeul

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 fallen die Oppositionen sehr unterschiedlich aus. 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, aber immer heller als Sirius, dem hellsten Stern, leuchten. Mars erscheint auch bei teleskopischen Beobachtungen 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 vier oben genannten Oppositionen diskutiert. In der Anlage sind grafische Darstellungen, die besonders aufschlussreich sind, wenn man diese nebeneinander liegend vergleicht. 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. Da kein freies Wasser vorhanden und die Atmosphäre recht dünn ist, gilt Mars trotzdem als erdähnlich, aber nicht lebensfreundlich.

Die Neigung der Rotationsachse

Neben diesen 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° und beim Mars 25,3°. 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 bei 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 Jahreszeiten tragen die Marspole weiße Polkappen, die aus Kohlendioxid und Wassereis bestehen, und es können zwar nicht alljährlich globale Staubstürme auftreten.

Jahreszeiten und Perihel

Die Jahreszeiten sind auf der Nord- und Südhalbkugel unterschiedlich ausgeprägt. Die Ursache liegt in der Lage der Perihels und der räumlichen Orientierung der Rotationsachse. Beide sind erst über sehr sehr lange Zeiträume etwas veränderlich, für diese Betrachtungen können Perihel und Rotationsachse als konstant angesehen werden. Weil immer kurz nach dem Periheldurchgang mit der um 40% größeren Sonneneinstrahlung auf der Nordhalbkugel der Winter und auf der Südhalbkugel der Sommer beginnt, sind die Winter im Norden milder und im Süden stärker ausgeprägt. Deshalb zeigen die weißen Polkappen des Südpols eine größere Ausdehnung und Staubstürme sind vor allem auf der Südhalbkugel möglich.

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 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 und 2020 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 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 spezielle Marskalender 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 Jahre werden fortlaufend in Marstagen, sogenannten 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 bekannt) und anschließend die Anzahl der vergangenen Sols anzugeben, z. B. kann man den 96 Sol im Jahr 32 so schreiben: 32/96. Dieser einfache Kalender wird z. B. bei den Marssonden und deren Erkenntnissen verwendet.

Länge Ls

Für diesen Marskalender ist die Ephemeride Ls wichtig. 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 dazu ist die Bahnebene der Erde gleich der Ekliptik. Die Länge Ls wird auf dieser Bahnebene vom Schnittpunkt des Mars-Himmelsäquator an gezählt. Ls ist mit der geozentrischen ekliptikalen Länge der Sonne vergleichbar. Zu finden ist diese Koordinate leider nur in speziellen Ephemeriden-Tabellen, z.B. in den Ephemeriden meiner Homepage.

Jahreszeiten, Aphel und Perihel, Staubsturmsaison

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

Hier wird auch angegeben, wann 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 des Diagramms. 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 angenommen, dass die Ephemeride Ls 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 unterschiedlich schnell 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 angegeben der sichtbare Teil k und der scheinbare Durchmesser. Beim Vergleich dieser Daten werden Unterschiede auffallen.

Diagramm scheinbarer Durchmesser und Deklination

In der Mitte der Grafiken befinden sich zwei Diagramme. Aus dem oberen kann man die Veränderungen des scheinbaren Durchmessers und der Deklination ablesen. Es sind zwei Werte, die eigentlich nichts miteinander gemein haben. Es geht darum, 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 analog zum scheinbaren 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 Ls 144° 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 ekliptikalen Breiten. In Oppositionsnähe vergrößert sich die geozentrische ekliptikale Breite. Sie nimmt größere Werte als die ekliptikale Breite an, weil der Abstand Mars-Erde kleiner als der Abstand Mars-Sonne ist. Mars kann von der Erde aus gesehen bis zu 7° südlich und etwas weniger nördlich der Ekliptik stehen. Z. B. erreicht am 5. August 2018 die geozentrische ekliptikale Breite den südlichsten Wert von -6.6° und folglich beträgt die Deklination nur -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, wie die Pole von der Sonne beschienen werden. 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 bleibt im Dunklen. Genau so kann man auch weiße Polkappen beobachten, obwohl der Pol selbst von der Erde aus nicht 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 Herbstes 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 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 oben bereits beschrieben erneut deutlich, dass durch die Zusammenspiel von Jahreszeiten und Lage von Aphel und Perihel die Südwinter ausgeprägter als die Nordwinter sein müssen.

Denn die Sonneneinstrahlung ist während Herbst und Winter auf der Südhalbkugel geringer, 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 Grafik miteinander vergleicht. Nun wird es interessant, wenn wir die hier vorliegenden Grafiken vergleichen. 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.

Während der Oppositionen der Jahre 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 wird eventuell das Abschmelzen des vereisten Südpol sichtbar werden. 2014 hatten Sonne und Erde auf dem Mars jeweils eine Deklination von 20° und mehr. Mars zeigt 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. 2018 sind für Marsbeobachtungen auf der Nordhalbkugel der Erde ungünstige Sichtbarkeitsbedingungen. Besser wird es 2020! Dann ist Mars zwar nicht mehr der Erde so nah, aber er steht für Beobachter wesentlich höher über dem Horizont. Anfang März 2018 ist der scheinbare Durchmesser auf $7''$ angewachsen und Beobachtungen werden erste brauchbare Bilder liefern. Wir blicken zunächst auf den Äquator, beide Pole sind gleich gut sichtbar. Dann wenden wir uns dem Nordpol ab und der Blick auf den Südpol wird recht günstig. 2020 wiederholen sich diese Bedingungen in ähnlicher Weise. Zur Opposition 2018 ist auf der Südhalbkugel Frühling und 2020 bereits Sommer. So ist zu erwarten, dass die Polkappe des Südpols 2018 noch nicht soweit geschmolzen und ausgedehnter ist wie im Mars-Sommer 2020 der Südhalbkugel.

Interessanter Weise ähneln sich folgende Oppositionen:

2003 (Marsjahr 26, Opposition 2003-08-28, $L_s = 250^\circ$, $D = 25.1''$, geoz. Dekl. = -16°) mit 2018 und

2005 (Marsjahr 27, Opposition 2005-11-07, $L_s = 320^\circ$, $D = 20.1''$, geoz. Dekl. = 16°) mit 2020.

Es bietet sich an, die Beobachtungsergebnisse aus den eben genannten Jahren zu vergleichen.

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]; je länger die Periode, um so exakter wiederholen sich gleichbedeutende Oppositionen. Es muss aber nicht so, dass Mars trotz ähnlichem Oppositionsverlauf auch ebenso gut zu beobachten ist.

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 aphelnahen 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 bestimmte Oberflächendetails nicht immer beobachten.

Da Mars 2018 nur geringe Höhen über dem Horizont erreichen kann, ist auch die tägliche Beobachtungszeit relativ kurz und ein klarer Himmel in Horizontnähe besonders wichtig. Es ist also nicht möglich, die gesamte Marsoberfläche bei gleichem scheinbaren Durchmesser zu erfassen. Zu einer groben Orientierung dient über der Zeitskala mit den Monaten die Angabe, wann die sehr markante Struktur Syrtis Major sichtbar ist.

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:

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

[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: <http://www.buecke-info.de/astrotips/index.htm>

Grischa Hahn, WinJUPOS (Ephemeriden und Bildauswertung)

URL: <http://grischa.hahn.homepage.t-online.de>

ALPO Mars Section

URL: <http://alpo-astronomy.org/marsblog/>

Jeff Beish, General Information – Observing Mars

URL: http://alpo-astronomy.org/jbeish/General_Info_Mars.html

Christopher Go, Astrophotography from Cebu City, Philippines

URL: <http://astro.christone.net>

Damian Peach, Views of the Solar System

URL: <http://www.damianpeach.com/marsindex.htm>

Dr. Udo Günther, marspages.eu (Darstellung Mars einschließlich Raumsonden)

URL: <http://www.marspages.eu/home>

Mars-Opopposition 2014 / Marsjahr 32

Opposition ▼ 08.04.2014

rückläufig

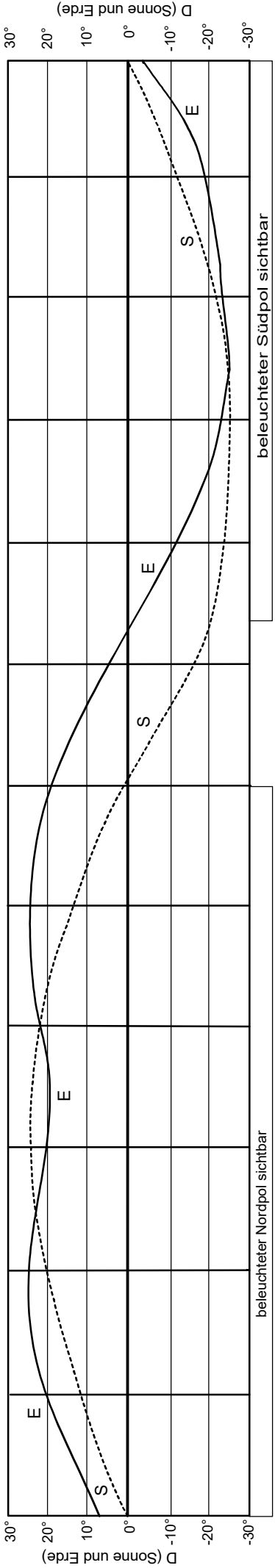
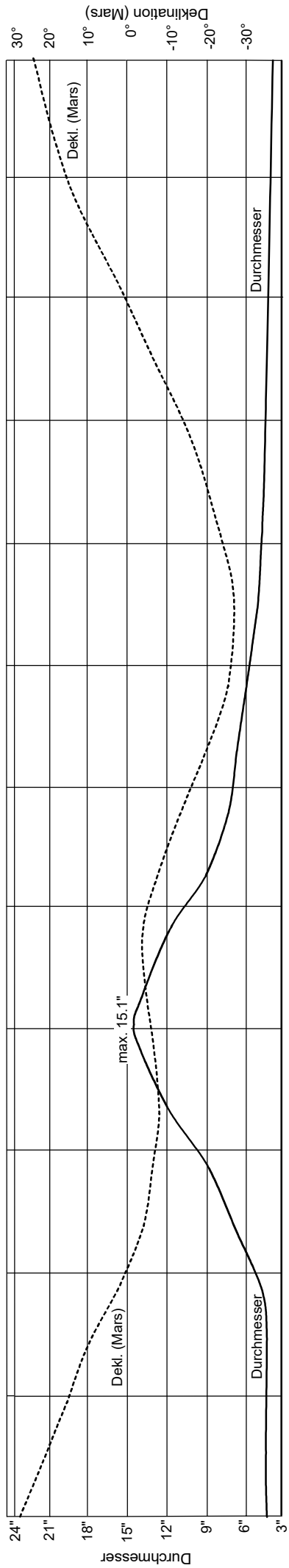
Phasenwinkel max. (36.2°; k=0.904; D=7.9") ▼

Phasenwinkel max. (42.8°; k=0.867; D=7.9") ▼

Konjunktion 14.06.2015 ▼

Syrtris Major im Zentralmeridian											
X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

2013 / 2014												2014 / 2015										
Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni



Staubsturmseason

▼ Aphel

▼ Perihel

Nord-Frühling	Nord-Sommer	Nord-Herbst	Nord-Winter
Süd-Herbst	Süd-Winter	Süd-Frühling	Süd-Sommer

