

## Merkur – der kleine Unbekannte

In Bezug zum Beitrag „Merkur schrumpft doch nicht so stark“ (Brennpunkt 2059) sowie „Meteoriteneinschlag auf Merkur“ (Brennpunkt 2066) in SuW 5/2021, WIS-ID: 1421050, Zielgruppe: Mittelstufe bis Oberstufe

Olaf Kretzer

Nach Pluto's „Degradierung“ vom Planeten zum Zwergplaneten im Jahr 2006 avancierte Merkur zum Nachfolger als kleinster Planet des Sonnensystems. Gleichzeitig übernahm er von Pluto auch den Status des wohl unbekanntesten Planeten. Dies ist auf den ersten Blick umso überraschender, da er als sonnennächster Planet eigentlich auch ohne Teleskop gut zu beobachten war und bereits seit dem Altertum bekannt ist. Eine genauere Betrachtung des kleinsten und auch schnellsten Planeten führt zu vielen interessanten Details, welche gleichzeitig **viele verschiedene Anknüpfungspunkte zur Einbeziehung in den astronomischen Unterricht der Schule** liefern.

Übersicht der Bezüge im WIS-Beitrag		
<b>Astronomie</b>	Planeten, Astropraxis, Geschichte der Astronomie, Raumfahrt	<a href="#">Merkur</a> , <a href="#">Meteorit NWA 7325</a> , <a href="#">Merkurbeobachtung</a> , <a href="#">Beobachtungen am Taghimmel</a> , <a href="#">Planet „Vulcan“</a> , <a href="#">Raumfahrt zum Merkur</a>
<b>Fächer- verknüpfung</b>	Astro - Mathematik Astro - Geschichte Astro - Religion Astro - Geographie	<a href="#">Ellipsenkonstruktion</a> <a href="#">Geschichte der Merkurbeobachtung</a> <a href="#">Mythologien der Völker</a> <a href="#">Geologie, Meteorite</a>
<b>Lehre allgemein</b>	Wissenskompetenz, Unterrichtsmittel	<a href="#">Historische und moderne Aufgaben zu Merkur</a> , <a href="#">Modell zur Konstruktion der Merkurbahn</a>

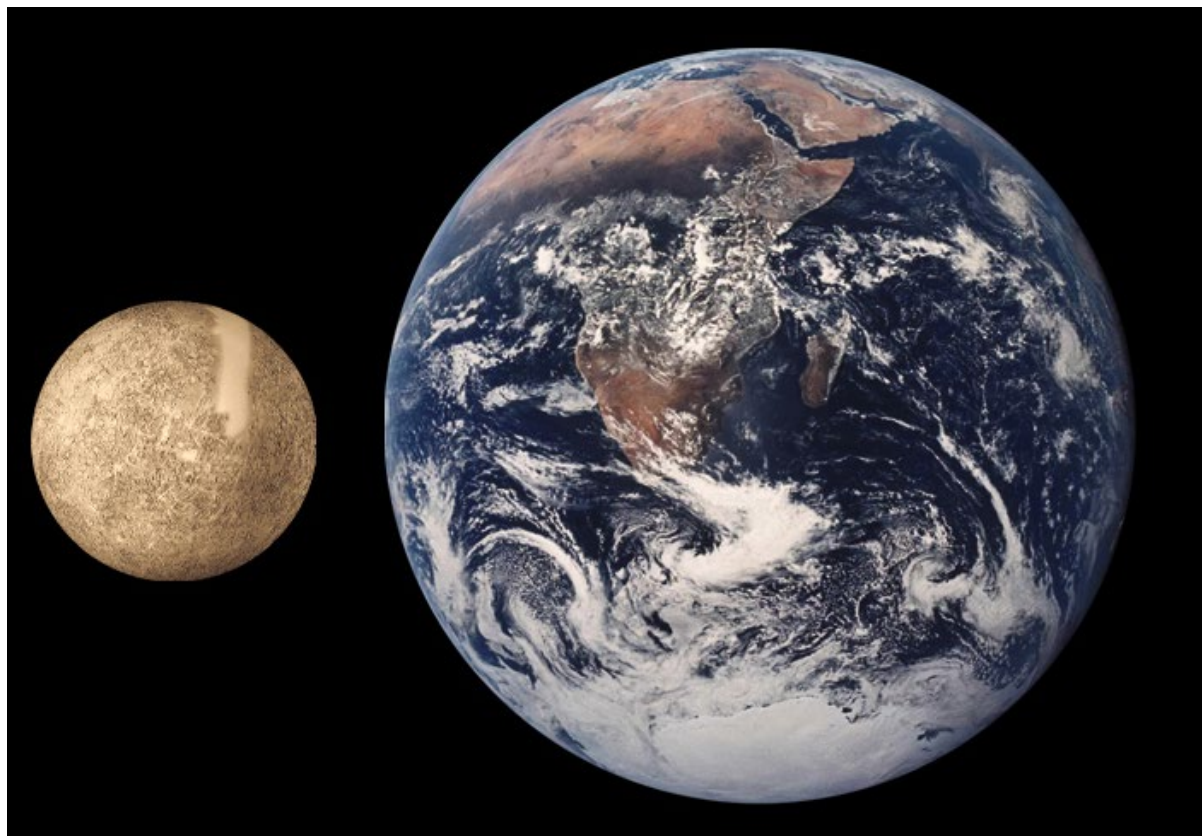


Abbildung 1: Vergleich der Größen und Ansichten von Merkur (links) und Erde (rechts).  
©: NASA, Gemeinfrei, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=199307>.

[zurück zum Anfang](#)

## Einleitung

Einige der Besonderheiten des **Merkur** ergeben sich bereits bei der Betrachtung einiger charakteristischer Daten des Planeten (siehe rechts).

<b>Durchmesser:</b>	4880 km (0,38 Erddurchmesser)
<b>Masse:</b>	3,3x 10 <sup>22</sup> kg (0,055 Erdmassen)
<b>Perihel:</b>	0,3075 AE
<b>Aphel:</b>	0,47 AE
<b>Erdabstand:</b>	(80,517-1,4839) AE
<b>Dichte:</b>	5,4 g/cm <sup>3</sup>
<b>Temperatur:</b>	-170°C...420°C
<b>Fallbeschleunigung:</b>	3,7 m/s <sup>2</sup>
<b>Mittlerer Bahngeschwindigkeit:</b>	47,36 km/s
<b>Scheinbare Helligkeit:</b>	-2,48 <sup>m</sup> ...7,25 <sup>m</sup> → 0,23 <sup>m</sup>
<b>Rotationsperiode:</b>	58 d 15 h
<b>Umlaufdauer:</b>	87,969 d (siderisch)
<b>Achsneigung:</b>	0,034°

## Erste Beobachtungen

Merkur zählt zu den bereits in der Antike bekannten Planeten. Die ersten Beobachtungen wurden von den Babyloniern im sogenannten Mul.Apin – einem Kompendium der damals bekannten Astronomie und Astrologie – vermerkt [\[1\]](#). Wahrscheinlich wurden die ersten Merkur-Beobachtungen bereits ca. 1500 v. Chr. durchgeführt und niedergeschrieben. Die Babylonier bezeichneten dieses helle Objekt (nur Venus, Jupiter, Mars und natürlich der Mond können am Nachthimmel heller werden als Merkur) mit dem Namen Nabu – der Name ihres **Götterboten**. Verursacht wurde diese Benennung wahrscheinlich durch die rasante Positionsveränderung des Planeten vor den Sternen. Heute wissen wir, dass Merkur die größte Bewegungsgeschwindigkeit (siehe oben rechts) aller Planeten besitzt. Dies veranlasste die Griechen später dazu, ihm auch den Namen ihres Götterboten Hermes zu geben. Im Römischen Reich wurde der Name dann in den „passenden“ römischen Gott umgewandelt - in Merkur.

Ähnlich wie bei der deutlich helleren Venus, glaubten die ersten Beobachter an einen „Abendmerkur“ und einen „Morgenmerkur“. Erst um ca. 350 v. Chr. erkannte man im alten Griechenland die Identität der beiden Objekte. Eine weitere interessante geschichtliche Erwähnung fand Merkur im ausgehenden Mittelalter. In der Literatur findet man häufig die Geschichte von Copernicus, welcher angeblich auf dem Totenbett beklagte, niemals in seinem Leben Merkur gesehen zu haben. Es handelt sich hierbei mit großer Wahrscheinlichkeit um ein „Märchen“. Copernicus galt – zumindest in jungen Jahren – als ein sehr guter Beobachter des Himmels. Darüber hinaus lebte Copernicus viele Jahre in Italien. Dort sind die Beobachtungsbedingungen für den Planeten Merkur auf Grund der günstigeren Winkelverhältnisse wesentlich günstiger als im damaligen Deutschen Reich.

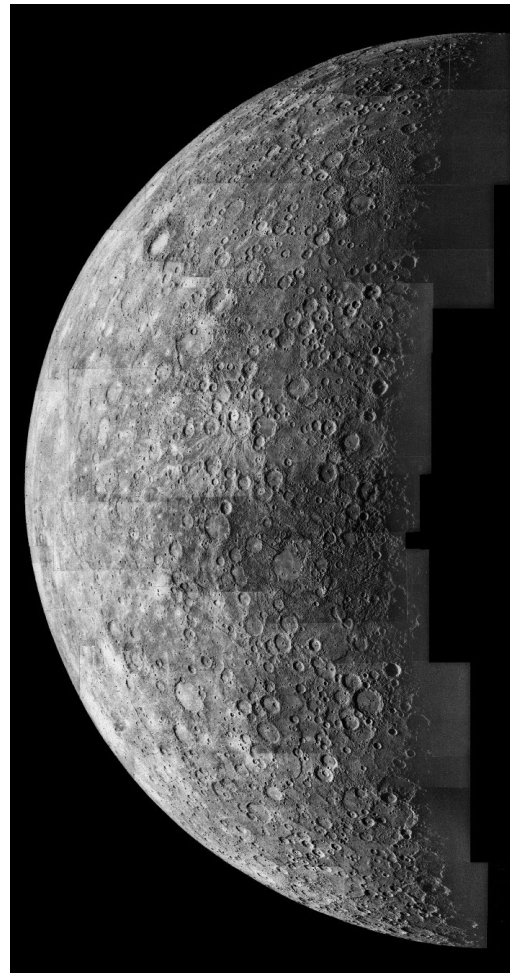


Abbildung 2: Merkur Mariner 10 Mosaik. ©: Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=51506>.

[zurück zum Anfang](#)

## Beobachtungen in Geschichte und Schule

Im Gegensatz zu den anderen Planeten wurde Merkur allerdings von den Astronomen viel seltener beobachtet und dokumentiert, da er auf Grund seiner Nähe zur Sonne am Himmel nur einen maximalen Winkelabstand von  $28^\circ$  zur Sonne erreicht. Unter Berücksichtigung der Neigung der Ekliptik ergeben sich für ihn dadurch nur **Beobachtungsmöglichkeiten** in der abendlichen bzw. morgendlichen Dämmerung. Optimal wäre darüber hinaus ein steiler Winkel der Ekliptik relativ zum Horizont. Dadurch ergeben sich die besten Beobachtungsbedingungen während der Abenddämmerung im Frühjahr und in der Morgendämmerung im Herbst. Verbessert werden die Beobachtungsbedingungen noch durch eine nördliche Position des Planeten relativ zur Ekliptik. Leider ist dieser Fall relativ selten für unsere Breitengrade.

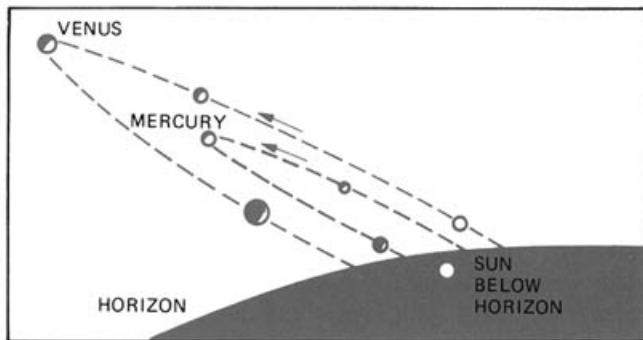


Abbildung 3: Sichtbarkeitsbedingungen für Merkur. ©: NASA - <http://history.nasa.gov/SP-424/ch1.htm>, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=217111>.

Daraus ergibt sich die **Beobachtungsempfehlung** für die Planung des Unterrichts für den Herbst. Bedingt durch seine relativ große Helligkeit ist er bei klarem Himmel ein gut zu erkennendes Objekt. Falls sich dies nicht realisieren lässt, kann eine Tagesbeobachtung mit einem Teleskop oder auch mit einem Fernglas durchgeführt werden. Aus Sicherheitsgründen empfiehlt sich dabei nur eine Beobachtung, wenn der Merkur östlich der Sonne steht, also „Abendmerkur“ ist. Die Beobachter (Lehrer + Schüler) und das Teleskop/Fernglas sollten dazu hinter einer Hausecke o.ä. positioniert werden

so dass der Blick zum Westhimmel durch das Gebäude verstellt wird. Dadurch wird sichergestellt, dass die Sonne im Verlaufe der Beobachtung nicht in das Blickfeld gerät.

**Achtung!!** Sonnenbeobachtungen ohne entsprechende Sicherheitsvorkehrung können zu dauerhaften Augenschäden führen!!

Die Position im Schatten der Hausecke o. ä. hat gleichzeitig den Vorteil, dass das Auge im Schatten einfacher adaptiert, was einen weiteren Vorteil für die Beobachtung darstellt. Mit dem Fernglas kann nun der Himmel abgesucht werden. Auf Grund der relativ großen Helligkeit sollte der Merkur schnell im blauen Himmelshintergrund gefunden werden. Teleskope sollten zuerst mit einem Okular der größten Brennweite versehen werden, um mit großem Öffnungswinkel den Planeten zu entdecken. Später kann dann zu kleineren Brennweiten gewechselt werden. Mit normalen Schulteleskopen sind allerdings keine Details auf dem Planeten zu erkennen.

Diese Vorgehensweise ist ebenso geeignet für die anderen Planeten Venus, Jupiter und Mars. Die Beobachtung des Saturn gestaltet sich auf Grund der relativ geringen Helligkeit schwieriger, ist aber, vor allem mit Teleskopen größerer Öffnung realistisch. Stehen Teleskope mit Nachführung und einstellbaren Koordinatenachsen zur Verfügung, können auch die hellsten **Sterne am Tageshimmel** beobachtet werden – für die Schüler eine unvergessliche Erfahrung. Man sollte so eine Beobachtung unbedingt durchführen und für die Motivation nutzen.

## Bahnform und Konsequenzen

[zurück zum Anfang](#)

Die Umlaufgeschwindigkeit des Merkur um die Sonne besitzt eine sehr hohe Variabilität, höher als bei jedem anderen Planeten unseres Sonnensystems:

- Aphel (Sonnenferne): 38,86 km/s,
- Perihel (Sonnennähe): 58,98 km/s.



[zurück zum Anfang](#)

Verursacht werden diese starken Geschwindigkeitsunterschiede durch die hohe Exzentrizität seiner Bahn mit  $e = 0,2056$ . Zur besseren Darstellung lässt sich dazu u. a. ein fast 180 Jahre altes **Modell** (siehe Übungsaufgaben am Ende) im Unterricht gut einsetzen. Ergänzt werden kann dieses durch eine **Übungsaufgabe** zur rechnerischen Bestimmung der mittleren Bahngeschwindigkeit (siehe Übungsaufgaben am Ende). Zur Größen- und Entfernungsveranschaulichung werden häufig Planetenwanderwege genutzt. Falls dies nicht möglich ist, können auch einfache Modelle zur Visualisierung genutzt werden. Der Sonnendurchmesser (1.392.000 km) ist ca. 285-mal größer als der des Planeten Merkur. Würde die Sonnenkugel gerade in einen Klassenraum der Höhe von 3 m passen, dann hätte die Merkurkugel einen Durchmesser von rund 1 cm.

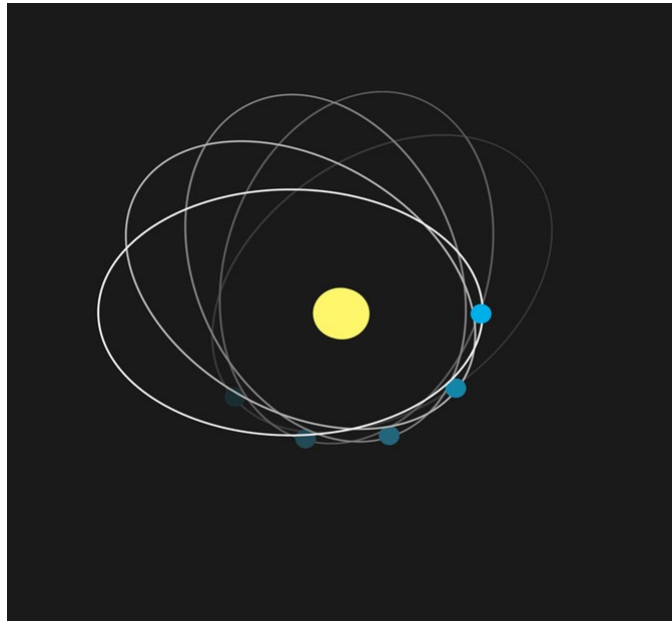


Abbildung 4: Periheldrehung der Merkurumlaufbahn. ©: Benutzer: Rainer Zenz - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23994538>.

## Erkundung des Merkur

Seine stark elliptische Bahn war ab Mitte des 19. Jahrhunderts so genau bekannt, dass damals erste Unstimmigkeiten in seiner Bahnbewegung auffielen. Das Perihel der Planetenbahn sollte sich im Rahmen der Newtonschen Mechanik um  $531''$ /Jahrhundert verschieben. 1859 stellte der Mitentdecker des Planeten Neptun Urbain Le Verrier allerdings fest, dass die tatsächliche Periheldrehung des Merkur allerdings  $574''$ /Jahrhundert betrug. In Anlehnung an die Vorgehensweise bei der Entdeckung des Planeten Neptun – die theoretische Berechnung auf Grund der beobachteten Abweichungen der Bahnform des Uranus - versuchten verschiedene Astronomen auch im Falle von Merkur eine ähnliche Ursache zu postulieren. Gesucht wurde ein Planet innerhalb der Merkurbahn. Diesen fiktiven Planeten bezeichnete man als **Vulcan**.

Dieser Name sollte sich ca. 100 Jahre später in den Serien Star Trek "Enterprise" wieder etablieren.

Aber Vulcan wurde – trotz verschiedener angeblicher Erfolgsmeldungen - niemals entdeckt. Die Erklärung der Abweichungen bei der Periheldrehung des Merkurs gelang erst ca. 50 Jahre später mit der Formulierung der Allgemeinen Relativitätstheorie (ART, 1915) durch Albert Einstein.

[zurück zum Anfang](#)

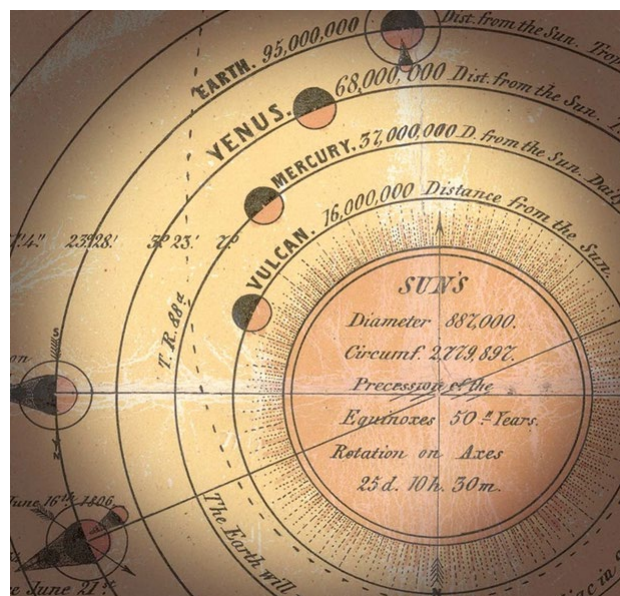


Abbildung 5: Hypothetischer Planet Vulcan. ©: Benutzer: Rainer Zenz - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23994538>.

[zurück zum Anfang](#)

Mit Hilfe der ART, die nicht nur die Bewegung des Objektes berücksichtigt, sondern auch die Veränderung des umgebenden Raumes in der Nähe schwerer Körper wie hier der Sonne, konnte schließlich die Differenz zwischen Theorie und Praxis vollständig erklärt werden. Diese Abweichung der Periheldrehung von der Vorhersage der Newton'schen Mechanik war zu Beginn des 20. Jahrhunderts der einzige Beobachtungshinweis aus der Astronomie, der mit Hilfe der Newton'schen Gesetze nicht ausreichend erklärt werden konnte und damit der einzige experimentelle Hinweis auf die Unvollständigkeit des damaligen physikalischen Ideengebäudes. Damit wurde die physikalische Grundlagenforschung mit Hilfe der Beobachtung des Planeten Merkur vorangetrieben.

Auf Grund der Sonnennähe von Merkur und seiner Bahn gestaltet sich nicht nur die Beobachtung mit erdgebundenen Teleskopen, sondern auch seine **Erkundung durch Raumsonden** als sehr schwierig. Die Ausgangsbahnenergie einer Merkursonde nach dem Start von der Erde aus sowie die Beschleunigung durch die Anziehungskraft der Sonne führen dazu, dass die Raumsonden – im Gegensatz zu den Flügen ins äußere Sonnensystem – mit ganz anderen Problemen konfrontiert werden. Nicht zu vergessen ist der höhere Bahndrehimpuls, bedingt durch den Start auf der Erde, der abgebaut werden muss um ins Innere des Sonnensystems zu gelangen. All dies macht einen direkten Flug von der Erde zum Merkur mit den gegenwärtigen Antrieben unmöglich. Zum Erreichen einer Umlaufbahn um den Planeten Merkur werden die Flugbahnen daher so geplant, dass die Sonden vorher verschiedene enge Begegnungen mit anderen Planeten haben, um auf diese Weise mit Hilfe eines „negativen“ Swing-by Effektes das Ziel Merkur treibstoffsparend zu erreichen. Das Erreichen einer stabilen Merkurumlaufbahn bringt allerdings ein neues Problem für die Sonde – ein Aufhetzen auf bis zu 470 °C auf der Tagseite des Planeten.

Die erste Merkursonde – allerdings nur als vorbeifliegende Raumsonde – war Mariner 10 (siehe Abb. 7). Um einen Vorbeiflug in einer relativ günstigen Entfernung zu realisieren, musste die Sonde ca. 60 % ihrer Bahnenergie durch einen Swing-by an die Venus „abgeben“. Bedingt durch die Form seiner Bahn ergaben sich 1974 - 1975 drei Begegnungen der Sonde mit dem Planeten. Die engste Begegnung mit Merkur hatte die Sonde am 16. 03. 1975 in einer Entfernung von 375 km. Die erste echte Merkursonde, Messenger, (siehe Abb. 8) schwenkte am 18. 03. 2011 in einen Orbit um den Planeten ein. Bis zu ihrem Einschlag auf dem Planeten am 30. 04. 2015 lieferte die Sonde umfangreiche Daten über die Oberfläche wie auch die tieferen Schichten des kleinsten Planeten. Mit Hilfe dieser Daten konnten Modelle über die Beschaffenheit der Oberfläche und über die Entwicklung des Planeten an sich aufgestellt bzw. getestet werden.

Auf Grund des relativ geringen Durchmessers kühlt der Planet schneller aus als beispielsweise die Erde. Das sich dadurch ergebende Schrumpfen des Planeten ist ein aktuelles Forschungsgebiet (siehe SuW, 5/2021). Die nächste Merkursonde, die sich in einen Orbit um Merkur begeben soll, wird am 05. 12. 2025 die 20. 10. 2018 gestartete europäische Raumsonde Bepi-Colombo sein.



Abbildung 6: Mariner 10. ©: NASA - <http://solarviews.com/cap/craft/marin10.htm> (image link), Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=6298215>.

## Steine vom Merkur

[zurück zum Anfang](#)

Im Jahre 2012 wurde der **Meteorit NWA 7325** (<https://www.spektrum.de/news/nwa-7325-ein-meteorit-von-merkur/1183022>) entdeckt. Genaue Untersuchungen seiner Zusammensetzung führten die Wissenschaftler zu dem Schluss, dass dieser Meteorit eine bisher einzigartige chemische Zusammensetzung aufweist. Es stellte sich die Frage nach seiner Herkunft – verschiedene Messergebnisse deuteten darauf hin, dass dieses Objekt von einem größeren Himmelskörper abstammt. Seit einigen Jahren ist es in der Wissenschaft unumstritten, dass einige der Meteoriten die auf Erde gefunden wurden von Planeten bzw.

[zurück zum Anfang](#)

Kleinplaneten stammen. Dabei kommen bei den Planeten nur die Gesteinsplaneten Merkur, Venus und Mars in Frage. Besonders von Mars und Merkur und natürlich auch vom Mond können Objekte bei Asteroideneinschlägen auf Grund der niedrigen Fluchtgeschwindigkeit unter Umständen relativ leicht ins All gelangen, um dort später in den Einfluss der Erdgravitation zu kommen und als Meteorit auf die Erde zu gelangen. Aktuelle Beobachtungen zeigen erstmalig solche Einschläge von Meteoroiden auf den Merkur.

Aktuell werden beispielsweise ca. 200 Meteorite mit einer Gesamtmasse von rund 700 kg ([http://meteorites.wustl.edu/lunar/moon\\_meteorites\\_list\\_alumina.htm](http://meteorites.wustl.edu/lunar/moon_meteorites_list_alumina.htm)) als Mondmeteorite klassifiziert. Da vom Mond mit Hilfe der Raumfahrt bereits verschiedene Gesteinsproben zur Erde gebracht wurden (382 kg durch Apollo 11, 12, 14, 15, 16 und 17 (USA); 0,326 kg durch die sowjetischen Luna Sonden 16, 20 und 24 und 1,73 kg durch Chang'e (China)), gelang es in einigen Fällen eine Zuordnung des Herkunftsortes der gefundenen Mondmeteorite durchzuführen.

Diese Überlegungen führten Anfang der 80-er Jahre dazu, auch gezielt nach Marsmeteoriten zu suchen. Gegenwärtig geht man davon aus, dass ca. 130 Meteorite vom Mars bisher auf der Erde gefunden wurden. Da diese nicht mit direktem Marsgestein verglichen werden können (es wurde bisher kein Marsgestein zur Erde gebracht – erst 2031 soll dies geschehen), ist die Sicherheit dieser Zuordnung nicht so groß wie im Falle der Mondmeteorite. Ähnliche Überlegungen sowie ein Vergleich der Meteoritenanalyse mit spektroskopischen Messergebnissen, gewonnen durch Raumsonden, führten dazu, dass die Wissenschaft davon ausgeht, dass es wahrscheinlich auch Meteorite von dem Asteroiden Vesta und dem Zwergplaneten Ceres auf der Erde gibt. Die Messergebnisse stammen dabei von der Raumsonde DAWN.

Im Falle des **Merkurmeteoriten** sind die Messergebnisse der Sonde Messenger (siehe Abb. 8) Basis für die Einordnung des Meteoriten. Detaillierte Vergleiche mit weiteren Datensätzen der Raumsonde lassen den Schluss zu, dass dieser Meteorit ursprünglich aus tieferen Bereichen des Planeten Merkur stammt.

Die große Sonnennähe ist auch die Ursache für das Fehlen eines Merkurmondes. Simulationen zeigen, dass die enormen Gravitationskräfte der Sonne die Existenz eines ständigen Begleiters des Merkurs verhindern.

Da die Rotationsachse des Merkur nahezu senkrecht auf seiner Bahnebene steht, variiert der Einstrahlungswinkel des Sonnenlichtes so gut wie gar nicht. Daher wäre es zu erwarten, dass es keine Jahreszeiten auf dem Planeten gibt. Dem steht aber die große Exzentrizität seiner Bahn entgegen. Dadurch variiert die eingestrahlte Energiemenge bei Sonnennähe und Sonnenferne um den Faktor 2,3! Dadurch entstehen auch auf dem Merkur Jahreszeiten – allerdings auf Grund einer anderen Ursache als der auf der Erde.



**Abbildung 7: Meteorit NWA 7325 + Merkurglobus.**  
©: Olaf Kretzer.



**Abbildung 8: Messenger.** ©: NASA - [http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM\\_ID=2681](http://solarsystem.nasa.gov/multimedia/display.cfm?IM_ID=2681), Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=126660>.

[zurück zum Anfang](#)

Im Gegensatz zum Venustransit ist der **Merkurtransit** mit bloßem Auge nicht zu sehen.

Nachdem Johannes Kepler 1619 zum ersten Mal die Möglichkeit eines Merkurtransits berechnet hatte, beobachtete Pierre Gassendi erstmalig einen solchen Transit am 07. 11. 1631. Der letzte in unseren Breiten zu beobachtende Transit fand am 11. 11. 2019 statt, den nächsten können wir dann am 13. 11. 2032 beobachten. Auf Grund der geringeren Umlaufzeit im Vergleich zur Venus finden diese Transits deutlich öfter statt als die Venustransits. Im Zeitalter der Raumfahrt kann man aber noch mehr Merkurtransits beobachten – von einem anderen Himmelskörper aus. So beobachtete der Marsrover Curiosity am 03. 06. 2014 einen Merkurtransit vom Mars aus!

Neuere Forschungen ergaben aber, dass es bereits im Altertum bekannt war, dass es Transits des Merkurs vor der Sonne geben könnte [2]. Ptolemäus schlussfolgerte aus der Nichtbeobachtung solcher Transits, dass Merkur entweder zu klein sei oder diese Ereignisse zu selten stattfänden.

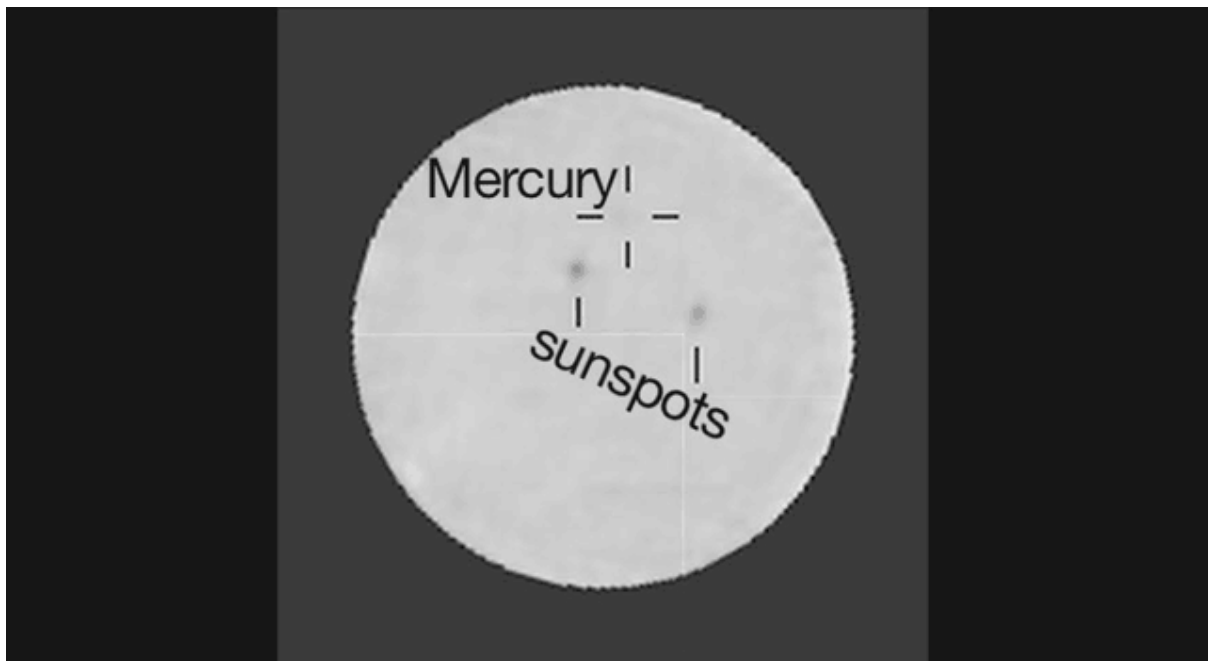


Abbildung 9: Merkurtransit vom Mars aufgenommen vom Marsrover Curiosity.  
©: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=33323158>.

Auch wenn Merkur der kleinste und unbekannteste der Planeten des Sonnensystems ist so bieten seine Geschichte, seine Erforschung aber auch seine Bewegung genügend Anknüpfungspunkte zur Einbeziehung in den astronomischen Schulunterricht.

[zurück zum Anfang](#)

## Literatur und Quellen

- [1] Schaefer., E. Bradley. The Latitude and Epoch for the Origin of the Astronomical Lore in MUL.APIN. American Astronomical Society Meeting 210, id.42.05; Bulletin of the American Astronomical Society, Vol. 39, p.157
- [2] Goldstein, Bernard R. (1996). "The Pre-telescopic Treatment of the Phases and Apparent Size of Venus". Journal for the History of Astronomy. 27:



## Übungsaufgaben

[zurück zum Anfang](#)

### I) Historische Aufgaben und Modell von 1843

#### a) Modell Merkurbahn 1843 - Ellipsenkonstruktion

„Um sich die Gestalt der Merkurbahn zu verdeutlichen, befestige man auf einem Brettchen in zwei 1 Zoll voneinander entfernten Punkten die Enden eines Fadens, welcher so viel Zoll, als die Zahlen 3 und 4 zusammen betragen, also hier 7 Zoll lang ist, spanne diesen Faden mit einem Stifte aus und führe dann diesen Stift mit der Spitze auf dem Brettchen rings herum, so das der Faden immer angespannt bleibt. Dann gibt die von dem Stifte beschriebene Linie ein Bild der der elliptischen Bahn des Merkur.“ (S. 38)

#### b) Übungsaufgaben 1843

„Woran sieht man, daß dieser Stern ein dunkler Körper, und daß dessen Licht der Widerschein des Sonnenlichtes ist?

Woran sieht man, daß dieser Körper kugelförmig ist?

Woran sieht man, daß er sich um die Sonne bewegt?“ (S. 14/15)

#### Literatur:

Johann Simon Schlimbach. Anleitung zum ersten Unterrichte in der Himmelskunde für Volksschulen. Verlag von Friedrich und Andreas Perthes. Hamburg und Gotha. 1843

### II) Moderne Aufgaben

1. Begründe, warum der Merkur bei seinem Transit im Gegensatz zum Venustransit (bei Beachtung der Sicherheitsauflagen) nicht mit bloßem Auge sichtbar ist.
2. Man berechne den Abstand des Planeten Merkur von der Sonne mit Hilfe des 3. keplerschen Gesetzes und der Daten der Erde sowie der Umlaufzeit des Merkur!
3. Man berechne die mittlere **Bahngeschwindigkeit** des Planeten Merkur auf seiner Bahn um die Sonne!
4. Warum gibt es keine Aufnahmen des Planeten Merkur durch das Weltraumteleskop Hubble?
5. Wie weit müsste unter Verwendung der Deckenhöhe des Klassenraumes (3 m) als Maßstab für den Sonnendurchmesser das ca. 1 cm große Merkurkügelchen entfernt positioniert werden (58 Millionen km mittlerer Abstand Sonne -Merkur)?
6. Berechnen Sie die eingestrahelte Sonnenenergie auf dem Planeten Merkur in in durchschnittlicher Sonnenentfernung (Solarkonstante für Merkur)!



## Ergebnisse zu den Übungsaufgaben

### II) Moderne Aufgaben

**Zu 1.** Begründe, warum der Merkur bei seinem Transit im Gegensatz zum Venustransit (bei Beachtung der Sicherheitsauflagen) nicht mit bloßem Auge sichtbar ist.

Auf Grund der geringen scheinbaren Größe (bei „Neumerkur“ etwa 11"-15") und des Effekts der Lichtbeugung am Merkurrand (welcher den Kontrast stark einschränkt) ist der Transit Merkurs mit bloßem Auge nicht sichtbar.

**Zu 2.** Man berechne den Abstand des Planeten Merkur von der Sonne mit Hilfe des 3. Keplerschen Gesetzes und der Daten der Erde sowie der Umlaufzeit des Merkur!

$$\frac{a_{\text{Merkur}}^3}{T_{\text{Merkur}}^2} = \frac{a_{\text{Erde}}^3}{T_{\text{Erde}}^2} \rightarrow a_{\text{Merkur}} = \sqrt[3]{\frac{a_{\text{Erde}}^3}{T_{\text{Erde}}^2} \cdot T_{\text{Merkur}}^2}$$

Mit  $a_{\text{Erde}} = 149,6 \cdot 10^6 \text{ km}$ ,  $T_{\text{Erde}} = 365,25 \text{ d}$  und  $T_{\text{Merkur}} = 87,97 \text{ d}$  erhält man:  
 $a_{\text{Merkur}} = 57,9 \cdot 10^6 \text{ km}$ .

**Zu 3.** Man berechne die mittlere **Bahngeschwindigkeit** des Planeten Merkur auf seiner Bahn um die Sonne!

Mit Hilfe des berechneten Abstandes und der Kreisumfangformel sowie der Annahme einer gleichförmigen Bewegung erhält man 47,86 km/s.

**Zu 4.** Warum gibt es keine Aufnahmen des Planeten Merkur durch das Weltraumteleskop Hubble?

Da die maximale Elongation des Merkur von der Sonne nur  $28^\circ$  beträgt, ist die Gefahr zu groß, dass Sonnenstrahlen in das optische System von Hubble einfallen. Aus Sicherheitsgründen wird daher Merkur niemals durch Hubble fotografiert.

**Zu 5.** Wie weit müsste unter Verwendung der Deckenhöhe des Klassenraumes (3 m) als Maßstab für den Sonnendurchmesser das ca. 1 cm große Merkurkugelnchen entfernt positioniert werden (58 Millionen km mittlerer Abstand Sonne -Merkur)?

- Durchmesser Sonne: 1.392.000 km, Durchmesser Merkur: 4879 km Verhältnis: 285,3,
- Deckenhöhe: 3 m für Sonnendurchmesser  $\rightarrow$  Kugeldurchmesser Merkur 1 cm,
- Maßstab: 1.392.000.000 m zu 3m  $\rightarrow$  1 : 464.000.000,
- Entfernung Sonne – Merkur in Realität: 57,9 Millionen km,
- Abstand Sonne - Merkur im Modell: 125 m.

**Zu 6.** Berechnen Sie die eingestrahelte Sonnenenergie auf dem Planeten Merkur in in durchschnittlicher Sonnenentfernung (Solarkonstante für Merkur)!

- Strahlungsleistung (Leuchtkraft) der Sonne:  $3,828 \cdot 10^{26} \text{ W}$ ,
- durchschnittliche Entfernung: 57,9 Millionen km,
- Flächenberechnung Kugeloberfläche am Ort des Merkur,
- Verteilung der Strahlungsleistung der Sonne auf die Kugeloberfläche:  $9126 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .  
(zum Vergleich: Solarkonstante für Erde:  $1361 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ )