



BAND 21

Der Mond



Von Dr. E. Übelacker

Tessloff Verlag





In dieser Reihe sind bisher erschienen:

Band 1 Unsere Erde
 Band 2 Der Mensch
 Band 3 Atomenergie
 Band 4 Chemie
 Band 5 Entdecker
 Band 6 Die Sterne
 Band 7 Das Wetter
 Band 8 Das Mikroskop
 Band 9 Der Urmensch
 Band 10 Fliegerei
 Band 11 Hunde
 Band 12 Mathematik
 Band 13 Wilde Tiere
 Band 14 Versunkene Städte
 Band 15 Dinosaurier
 Band 16 Planeten und Raumfahrt
 Band 17 Licht und Farbe
 Band 18 Der Wilde Westen
 Band 19 Bienen und Ameisen
 Band 20 Reptilien und Amphibien
 Band 21 Der Mond
 Band 22 Die Zeit
 Band 23 Von der Höhle bis
 zum Wolkenkratzer
 Band 24 Elektrizität
 Band 25 Vom Einbaum zum
 Atomschiff
 Band 26 Wilde Blumen
 Band 27 Pferde
 Band 28 Die Welt des Schalls
 Band 29 Berühmte Wissenschaftler
 Band 30 Insekten

Band 31 Bäume
 Band 32 Meereskunde
 Band 33 Pilze, Moose und Farne
 Band 34 Wüsten
 Band 35 Erfindungen
 Band 36 Polargebiete
 Band 37 Computer und Roboter
 Band 38 Prähistorische Säugetiere
 Band 39 Magnetismus
 Band 40 Vögel
 Band 41 Fische
 Band 42 Indianer
 Band 43 Schmetterlinge
 Band 44 Das Alte Testament
 Band 45 Mineralien und Gesteine
 Band 46 Mechanik
 Band 47 Elektronik
 Band 48 Luft und Wasser
 Band 49 Leichtathletik
 Band 50 Unser Körper
 Band 51 Muscheln und Schnecken
 Band 52 Briefmarken
 Band 53 Das Auto
 Band 54 Die Eisenbahn
 Band 55 Das Alte Rom
 Band 56 Ausgestorbene Tiere
 Band 57 Vulkane
 Band 58 Die Wikinger
 Band 59 Katzen
 Band 60 Die Kreuzzüge
 Band 61 Pyramiden
 Band 62 Die Germanen
 Band 63 Foto und Film

Band 64 Die Alten Griechen
 Band 65 Die Eiszeit
 Band 66 Berühmte Ärzte
 Band 67 Die Völkerwanderung
 Band 68 Natur
 Band 69 Fossilien
 Band 70 Das Alte Ägypten
 Band 71 Seeräuber
 Band 72 Heimtiere
 Band 73 Spinnen
 Band 74 Naturkatastrophen
 Band 75 Fahnen und Flaggen
 Band 76 Die Sonne
 Band 77 Tierwanderungen
 Band 78 Münzen und Geld
 Band 79 Moderne Physik
 Band 80 Tiere - wie sie sehen,
 hören und fühlen
 Band 81 Die Sieben Weltwunder
 Band 82 Gladiatoren
 Band 83 Höhlen
 Band 84 Mumien
 Band 85 Wale und Delphine
 Band 86 Elefanten
 Band 87 Türme
 Band 88 Ritter
 Band 89 Menschenaffen
 Band 90 Der Regenwald
 Band 91 Brücken
 Band 92 Papageien und Sittiche
 Band 93 Olympia
 Band 94 Samurai

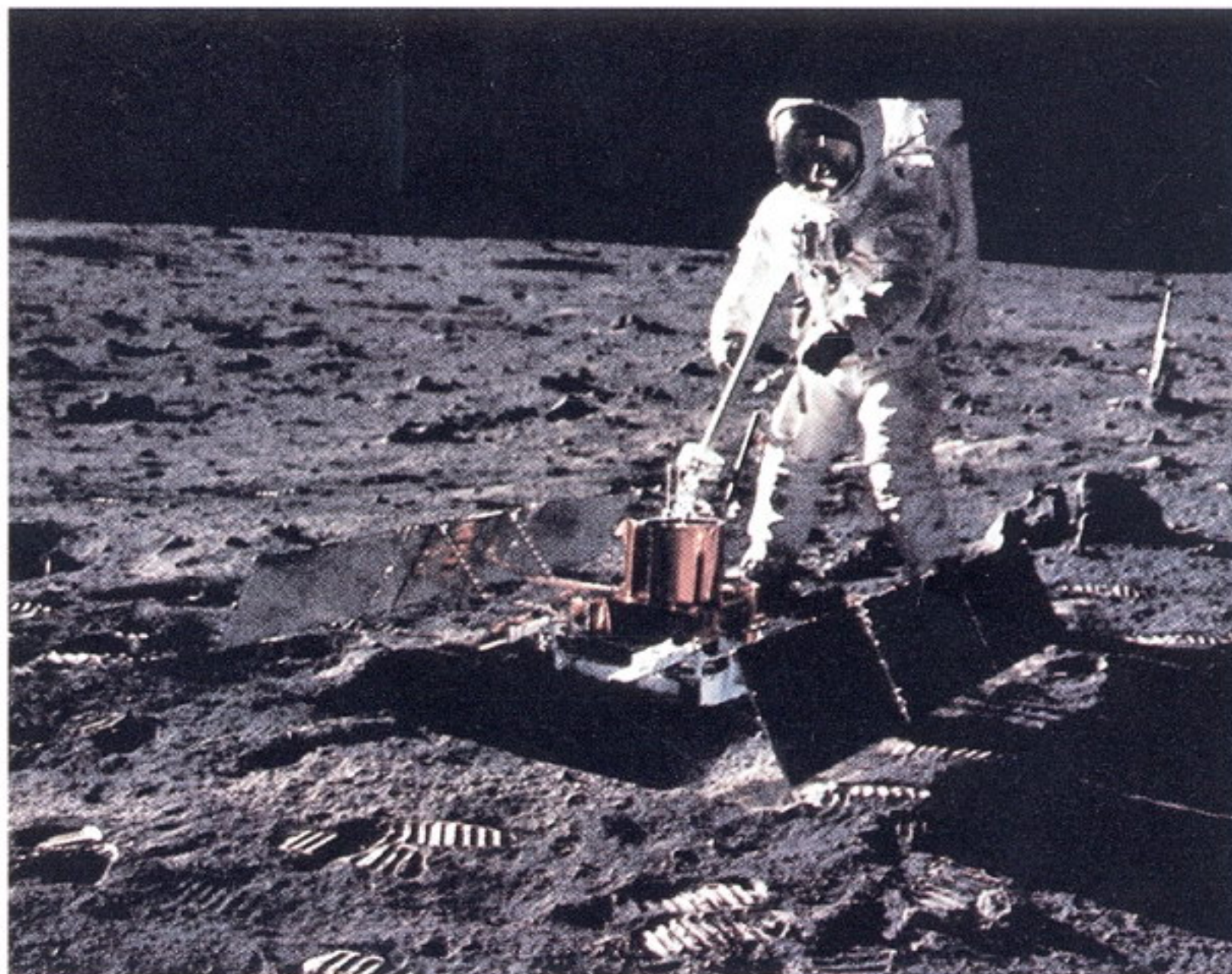
Tessloff  Verlag

Ein **WAS
IST
WAS** Buch

Der Mond

Von Dr. Erich Übelacker

Illustrationen von Anne-Lies Ihme
Luise Wulff und Gerd Werner



Die Mondlandung, Höhepunkt unseres technischen Zeitalters. Der Astronaut Aldrin setzt ein Meßgerät auf dem Mond in Betrieb.

Tessloff  Verlag

Vorwort

Seit Jahrmilliarden kreist der Mond um die Erde, seit Jahrtausenden haben ihn die Menschen beobachtet, als Gottheit verehrt und davon geträumt, einmal zu dieser Nachbarwelt reisen zu können. Mit seinen regelmäßig wiederkehrenden Lichtgestalten wie Halbmond und Vollmond half er unseren Vorfahren, die ersten brauchbaren Kalender herzustellen. Wegen seiner Nähe war der Mond der erste Himmelskörper, dessen Entfernung, Ausmaße und Landschaften man erforschen konnte. – Wir Menschen des 20. Jahrhunderts hatten darüber hinaus das Glück, die erste Reise zu einem außerirdischen Himmelskörper hautnah am Bildschirm miterleben zu dürfen: Am 20. 7. 1969 betrat der erste Mensch den Mond und leitete damit ein Zeitalter ein, das uns im nächsten Jahrhundert zu unseren Nachbarn Venus und Mars, in den nächsten Jahrtausenden vielleicht zu fernen Sonnensystemen führen kann, wenn wir uns nicht vorher selbst auslöschen. Monde gibt es viele. So hat zum

Beispiel der Mars zwei, Jupiter mindestens 16 Begleiter. Dennoch ist unser Mond einmalig. Er ist, wenn man bedenkt, daß er nur einen verhältnismäßig kleinen Planeten umkreist, riesengroß, so daß man oft vom Doppelplaneten Erde–Mond spricht. Der Mond beeinflußt nicht nur durch die Erzeugung von Ebbe und Flut unser Dasein, viele Forscher behaupten, daß er an der Entstehung und dem späteren Untergang des irdischen Lebens maßgeblich beteiligt ist. Sicher kann der Mond in späteren Jahrhunderten als ideale Basis für Flüge in die Tiefen des Alls dienen, auch als Standort für Sternwarten eignet er sich vorzüglich. Eine Zufluchtstätte für die Bewohner unserer überbevölkerten Erde wird er dagegen nie werden, da er praktisch keine Lufthülle besitzt und immer eine lebensfeindliche Wüste bleiben wird. Dieses Buch soll dazu beitragen, unseren Nachbarn im Weltall und die Monde anderer Planeten besser kennenzulernen.



Dr. Erich Übelacker

WAS IST WAS, Band 21

■ Dieses Buch ist auf chlorfrei gebleichtem Papier gedruckt.

Copyright © 1982 Tessloff Verlag · Nürnberg

Die Verbreitung dieses Buches oder von Teilen daraus durch Film, Funk oder Fernsehen, der Nachdruck und die fotomechanische Wiedergabe sind nur mit Genehmigung des Tessloff Verlages gestattet.

ISBN 3-7886-0261-9

Inhalt

Der Mond, unser Nachbar im Weltall

Wie weit ist der Mond von der Erde entfernt?	4
Warum verändert sich die Entfernung Mond-Erde?	4
Warum gehen Sonne und Mond auf und unter?	5
Wie groß ist der Mond?	6
Warum sehen wir von der Erde nur eine Mondhälfte?	7
Wie entstehen Halbmond und Vollmond?	8
Wie lange dauert ein Umlauf des Mondes um die Erde?	9
Was hat der Mond mit dem Osterfest zu tun?	9
Gibt es Tag und Nacht auf dem Mond?	10
Warum gibt es Ebbe und Flut?	11
Warum fällt der Mond nicht auf die Erde?	13
Was ist eine Mondfinsternis?	13
Was ist eine Sonnenfinsternis?	15
Was sind Mondknoten?	16
Beeinflußt der Mond das Wetter?	18
Wie dachten die Menschen früher über den Mond?	18

Die Landschaften des Mondes

Wie sieht es auf dem Mond aus?	20
Was wissen wir heute über die Mondkrater?	21
Was versteht man unter Mondmeeren?	23
Was sind Strahlenkrater?	24
Gibt es auch Gebirge auf dem Mond?	24
Was kann man mit bloßem Auge auf dem Mond erkennen?	25
Lohnt es sich, mit einem Fernglas den Mond zu beobachten?	25
Was kann man mit einem Fernrohr auf dem Mond erkennen?	26

Der Flug zum Mond

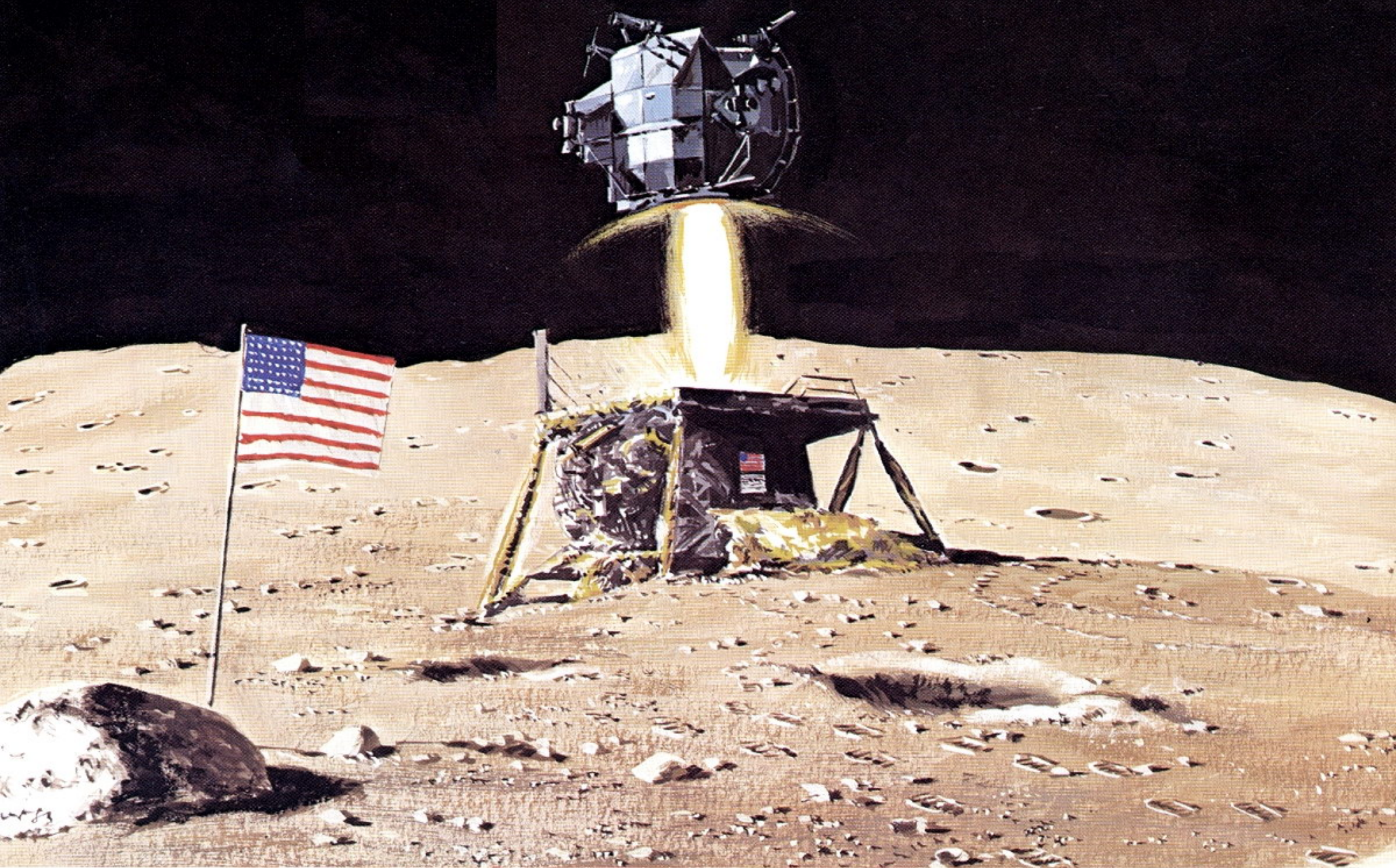
Welche Vorbereitungen waren für den Mondflug wichtig?	28
Wie verlief die erste Mondlandung?	29
Was brachten die weiteren Mondlandungen?	31
Warum kann man auf dem Mond gehen oder fahren?	32
Werden später Menschen auf dem Mond wohnen?	33

Aufbau, Entstehung und Geschichte des Mondes

Sind Erde und Mond aus denselben Stoffen aufgebaut?	34
Ist der Mond innen heiß wie die Erde?	34
Was sind Mascons?	35
Hat der Mond ein Magnetfeld?	35
Wie ist der Mond entstanden?	36
Was wissen wir von der Vergangenheit des Mondes?	36
Wie muß man sich die Zukunft des Mondes vorstellen?	38

Die Monde der anderen Planeten

Haben alle Planeten Monde?	40
Sind die Marsmonde Raumstationen einer früheren Zivilisation?	40
Was weiß man heute von den Jupitermonden?	42
Aus was bestehen die Saturnringe?	45
Hat der Saturn auch große Monde?	46
Was sind Schäferhundmonde?	47
Haben auch Uranus und Neptun Monde?	47
Ist die Erde der einzige Doppelplanet?	48
Gibt es überall im Weltall Monde?	48



Der Traum vom Mondflug wurde in unserem Jahrhundert Wirklichkeit.

Der Mond, unser Nachbar im Weltall

Unser Mond kreist in einem durchschnittlichen Abstand

Wie weit ist Mond von der Erde entfernt?

von 384 400 km um die Erde. Ein Fußgänger wäre etwa 11 Jahre, ein Intercityzug 5 Mo-

nate, ein Jumbojet 20 Tage unterwegs, um diese Entfernung zurückzulegen. Ein Raumschiff überbrückt die Strecke in wenigen Tagen, ein Licht- oder Radarsignal ist nur etwa 1,3 Sekunden zum Mond unterwegs. Man sagt deshalb, der Mond sei 1,3 Lichtsekunden entfernt. Das ist für uns Menschen eine gewaltige Entfernung, jedoch gemessen an den

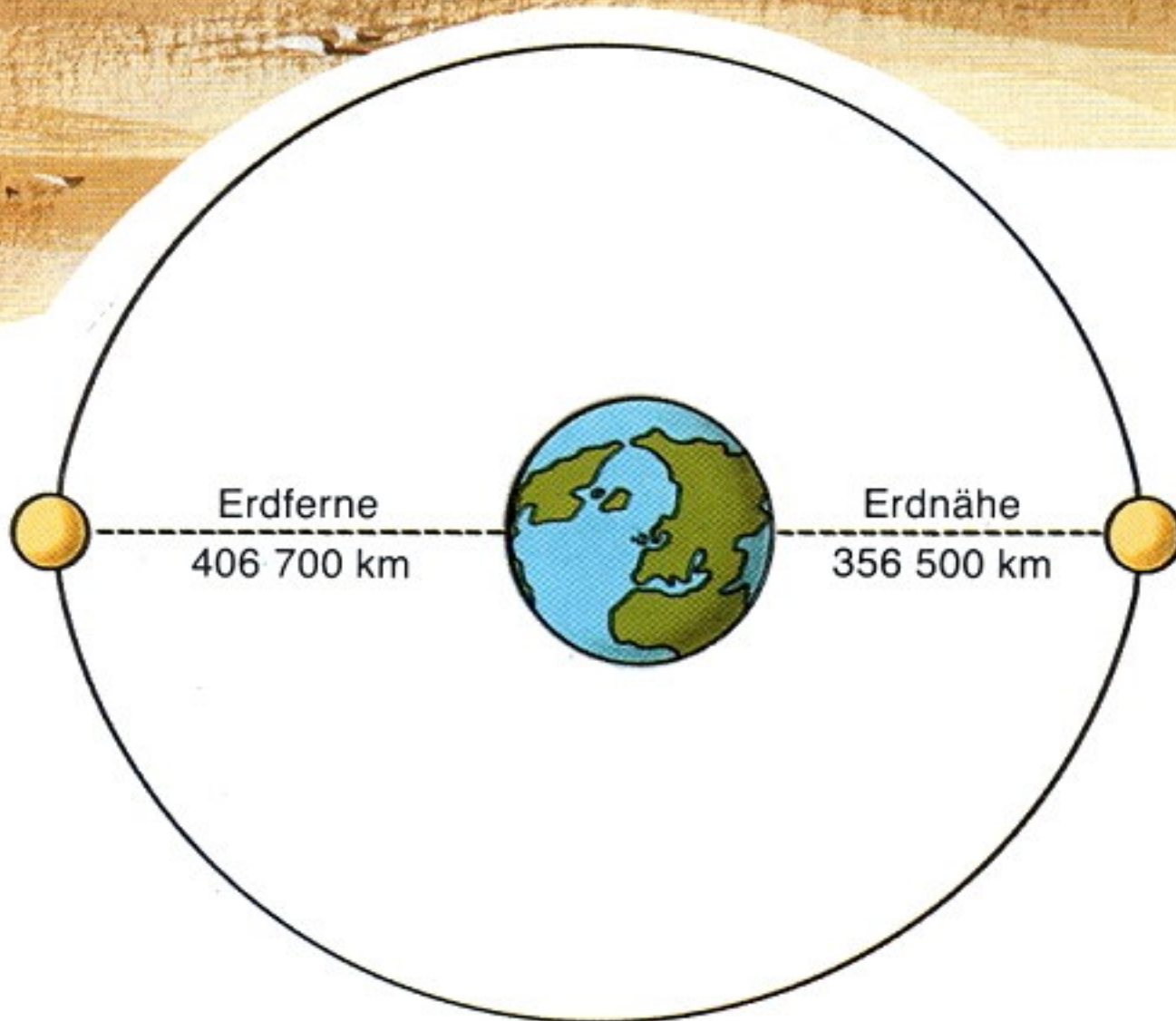
Ausmaßen des Weltalls sehr wenig. Der Planet Saturn ist rund eine Lichtstunde, die nächste Nachbarsonne 4,3 Lichtjahre entfernt; unsere schnellsten Raumschiffe wären Zehntausende von Jahren dorthin unterwegs.

Wäre die Bahn des Mondes um die Erde

Warum verändert sich die Entfernung Mond-Erde?

ein genauer Kreis, so bliebe die Mondentfernung immer gleich. Die Mondbahn ist jedoch eine Ellipse.

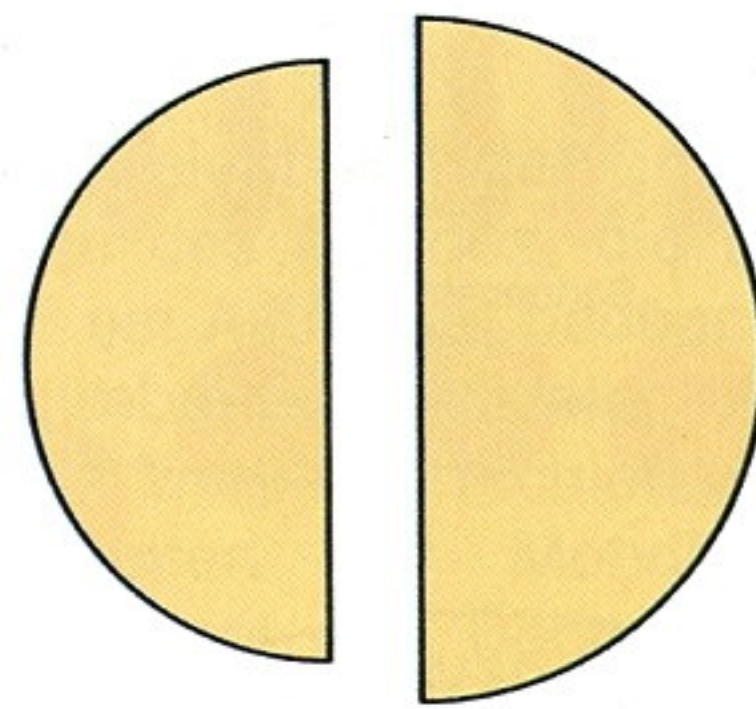
Bei dieser Bahnform ändert sich der Abstand Erde/Mond. In Erdnähe ist der



Da die Mondbahn kein genauer Kreis ist, ändert sich die Mondentfernung im Laufe einer Erdumkreisung.

Mond nur 356 500 km, in Erdferne 406 700 km von uns entfernt. Er erscheint uns deshalb auch im Laufe der Zeit verschieden groß.

Erde und Mond wandern gemeinsam als „Doppelplanet“ einmal jährlich um die Sonne. Könnte ein Raumfahrer aus großer Entfernung unser Sonnensystem beobachten, so würde ihm die Mondbahn wie ein etwas eingedellter Kreis um die Sonne erscheinen.



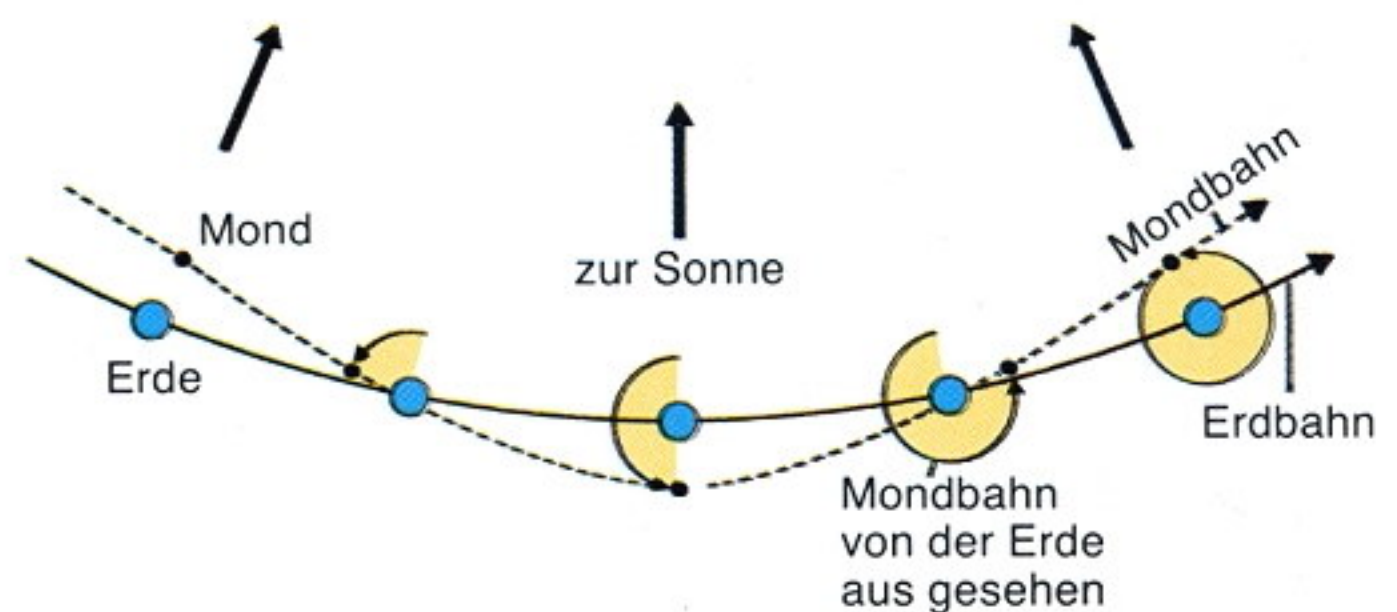
Erdferne Erdsnähe

In Erdferne erscheint uns der Mond deutlich kleiner als in Erdsnähe.

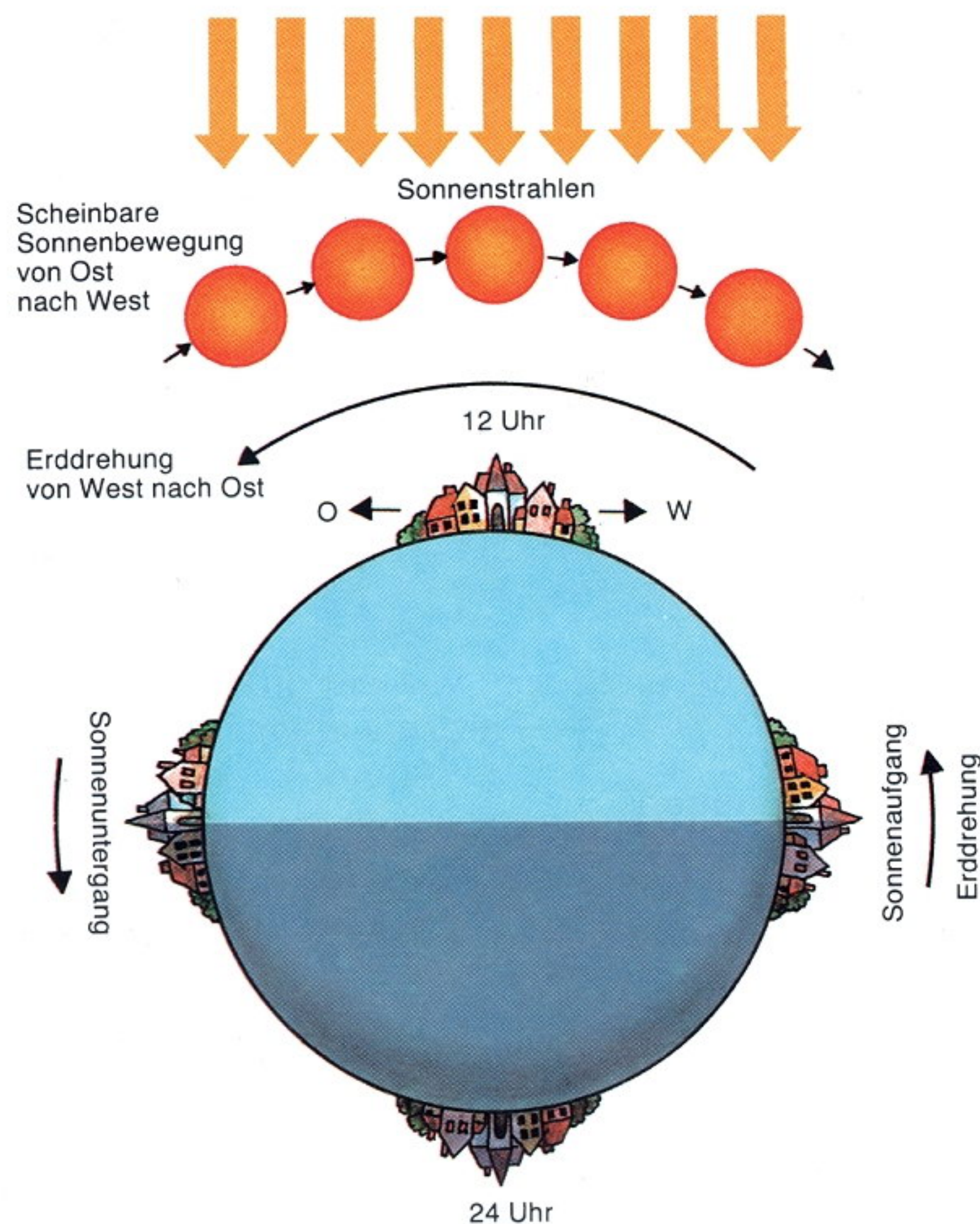
Unsere Erde dreht sich wie ein großes Karussell einmal in 24 Stunden um sich selbst. Wir Menschen leben auf der Oberfläche der Erdkugel und drehen uns mit. Befindet sich unser Land gerade auf der Sonnenseite, so nennen wir das Tag, wenn wir von der Sonne weggedreht sind, ist es für uns Nacht. Geht die Nacht zu Ende, so drehen wir uns wieder der Sonne entgegen, bis sie am Horizont erscheint. Man sagt dann, die Sonne geht auf. Ähnlich ist es mit dem Mond. Er geht gar nicht selbst im Osten auf und im Westen unter. Die Erde, auf der wir leben, dreht sich von West nach Ost. Dadurch haben wir den Eindruck, der Mond würde sich in entgegengesetzter Richtung um uns bewegen: Am Osthorizont geht er auf, wandert von Ost nach West über den Himmel und geht schließlich im Westen unter. Allerdings erfolgen Auf- und Unter-

Warum gehen Sonne und Mond auf und unter?

Wir Menschen leben auf der Oberfläche der Erdkugel und drehen uns mit. Befindet sich unser Land gerade auf der Sonnenseite, so nennen wir das Tag, wenn wir von der Sonne weggedreht sind, ist es für uns Nacht. Geht die Nacht zu Ende, so drehen wir uns wieder der Sonne entgegen, bis sie am Horizont erscheint. Man sagt dann, die Sonne geht auf. Ähnlich ist es mit dem Mond. Er geht gar nicht selbst im Osten auf und im Westen unter. Die Erde, auf der wir leben, dreht sich von West nach Ost. Dadurch haben wir den Eindruck, der Mond würde sich in entgegengesetzter Richtung um uns bewegen: Am Osthorizont geht er auf, wandert von Ost nach West über den Himmel und geht schließlich im Westen unter. Allerdings erfolgen Auf- und Unter-



Könnte ein Raumfahrer unser Sonnensystem von außen betrachten, so wäre für ihn die Mondbahn ein etwas eingedellter Kreis um die Sonne.

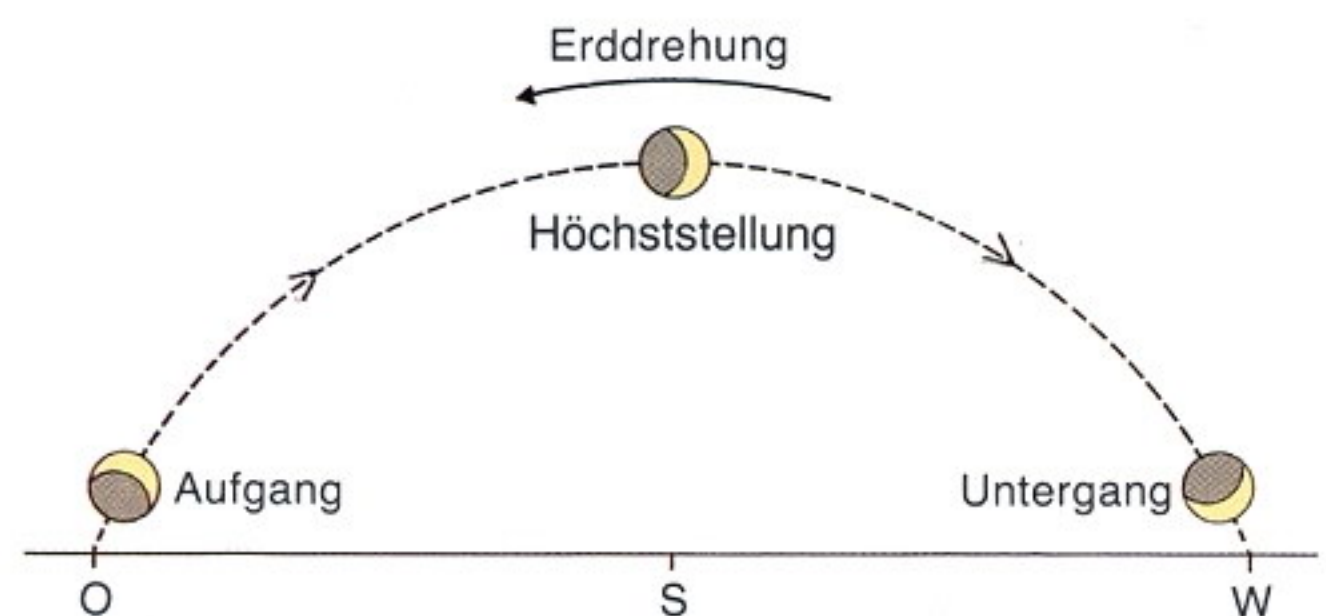


Durch die Erddrehung kommen Tag und Nacht zustande.

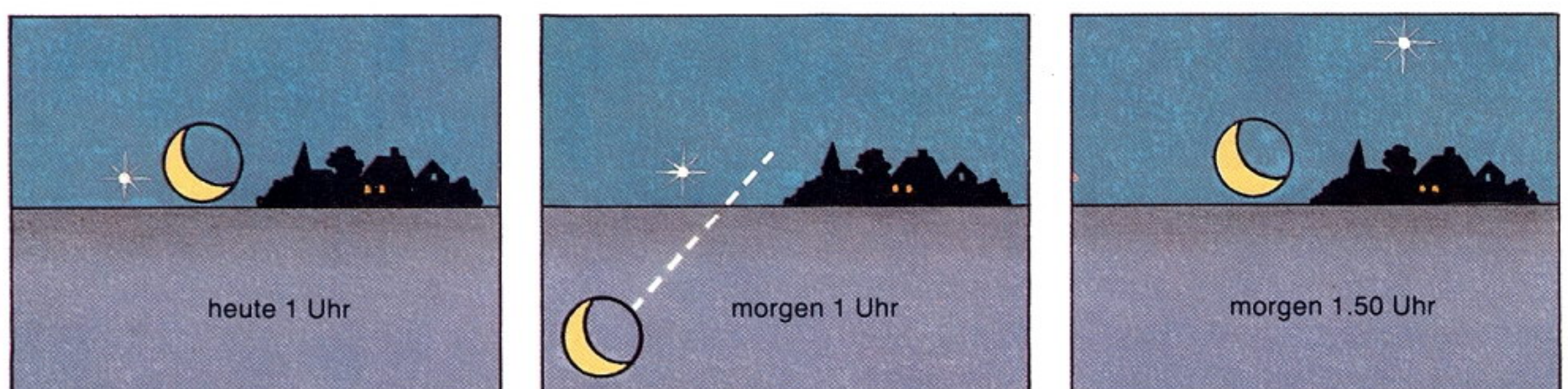
gang wegen der Lage der Mondbahn meist nicht genau im Ost- bzw. im Westpunkt. Der Mond kann weit im Nordosten oder Südosten aufgehen, ähnlich wie wir das auch bei der Sonne beobachten. Da sich der Mond außerdem langsam von West nach Ost um die Erde dreht, geht er jeden Tag durchschnittlich 50 Minuten später auf.

Der Monddurchmesser beträgt rund 3500 km (genau 3474 km am Äquator). Das ist etwas mehr als ein Viertel des Erddurchmessers und entspricht etwa der Entfernung Moskau – Lissabon. Der Mond hat aber nur $\frac{1}{13}$ der Erdoberfläche, das ist etwa viermal die Größe Europas. Man könnte ungefähr 50 Mondkugeln in die Erde füllen. Auf eine große Waage gelegt, hätte unser Begleiter nur $\frac{1}{81}$ der Erdmasse. Auf dem Mond hat man nur ein Sechstel seines irdischen Gewichts, könnte also leicht 6 m hoch springen oder einen 100-kg-Felsbrocken heben. Auch schwerste Raumanzüge und Ausrüstungen wurden von den Astronauten als leicht empfunden.

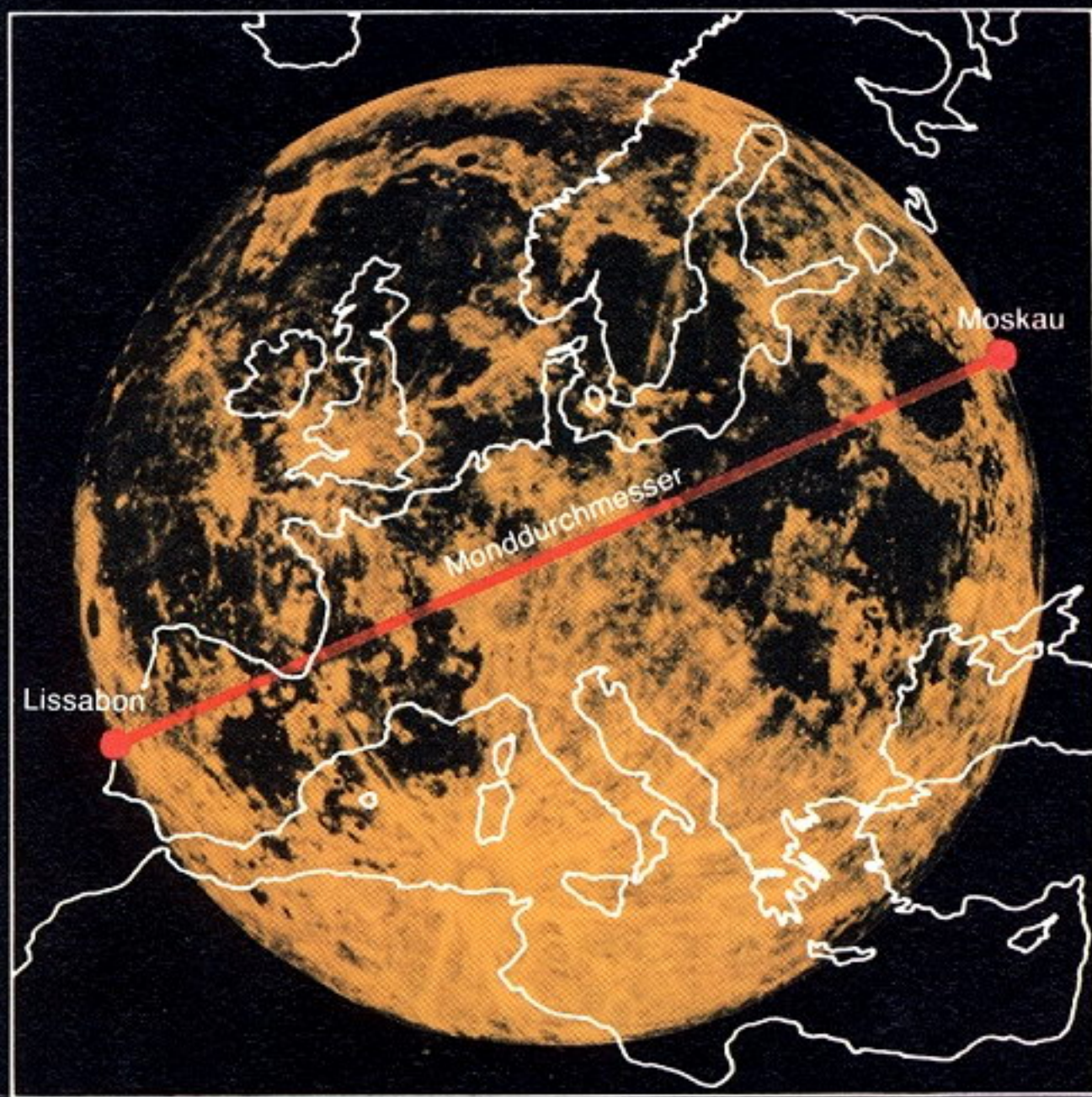
Würde eine Olympiade auf dem Mond stattfinden, so lägen die Weltrekordmarken bei 8 m im Hochsprung, 30 m im



Die Bewegung des Mondes von Ost nach West wird uns nur vorgetäuscht, da sich die Erde von West nach Ost dreht.



Gehen zum Beispiel heute der Mond und ein Stern um 1 Uhr auf, dann erscheint auch morgen der Stern etwa um 1 Uhr am Horizont. Der Mond hat sich auf seiner Bahn weiterbewegt, erst um etwa 1.50 Uhr geht er auf.



Der Monddurchmesser von rund 3500 km entspricht etwa der Entfernung Moskau – Lissabon.

Stabhochsprung und 500 m im Speerwurf.

Trotz dieser Tatsachen hat die Erde einen vergleichsweise riesigen Mond. Der größte Jupitermond hat zum Beispiel nur 4 % des Jupiterdurchmessers, der größere der beiden Marsmonde ist gar nur ein Felsbrocken von 27 km Länge.

Am Himmel erscheint unser Mond so groß wie die Sonne. Diese ist zwar 400mal größer, dafür aber auch 400mal weiter entfernt als der Mond.

Unser Mond unterscheidet sich zwar

Warum sehen wir von der Erde nur eine Mondhälfte?

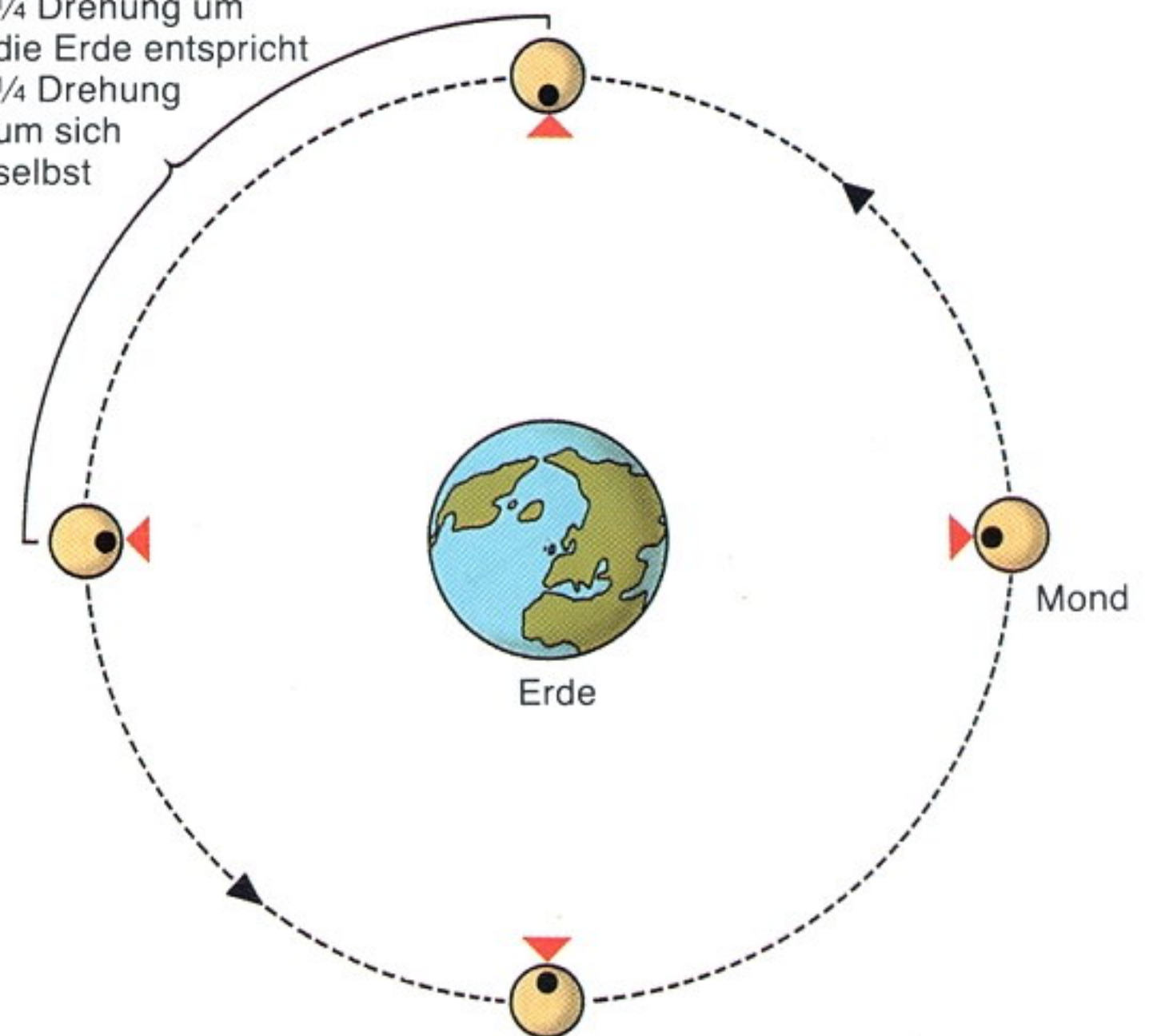
sehr von allen andern Monden, eines hat er aber mit den meisten von ihnen gemeinsam:

Er zeigt seinem

Planeten immer dieselbe Hälfte. Dieses Verhalten nennt man „gebundene Rotation“. Der Mond umkreist die Erde in 27,3 Tagen. In dieser Zeit dreht er sich auch genau einmal um sich selbst. Dadurch zeigt er uns immer dasselbe Ge-

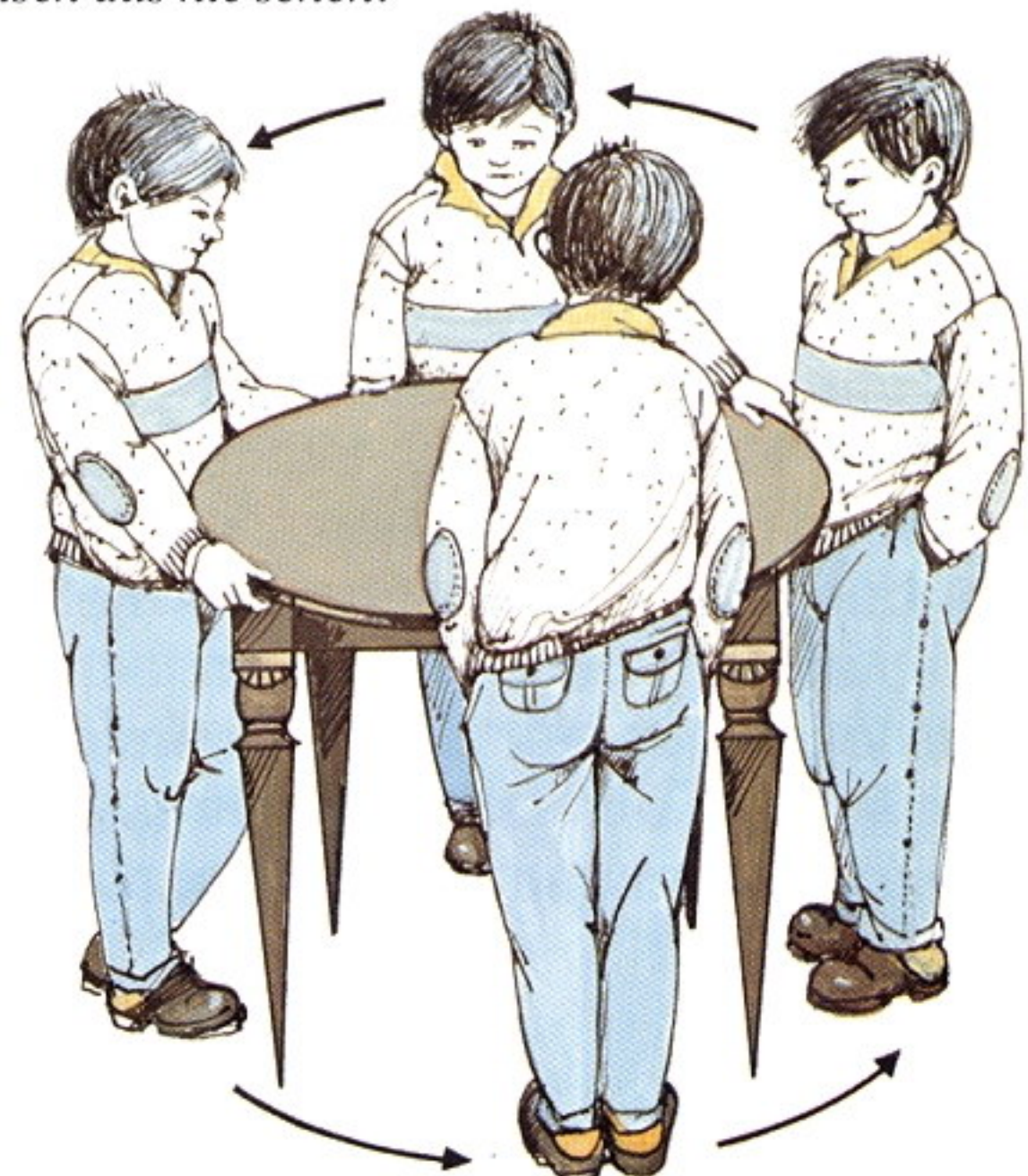
sicht. Man sieht von der Erde aus nur eine Seite des Mondes, die Rückseite kann nur ein Astronaut beobachten, der den Erdtrabanten umkreist. Allerdings kann man wegen verschiedener Unregelmäßigkeiten der Mondbahn und durch Wechsel des Beobachtungsorts von der Erde aus im Laufe der Zeit 59 % der Mondoberfläche sehen (Libration). Die restlichen 41 % waren vor Beginn des Raumfahrtzeitalters völlig unbekannt.

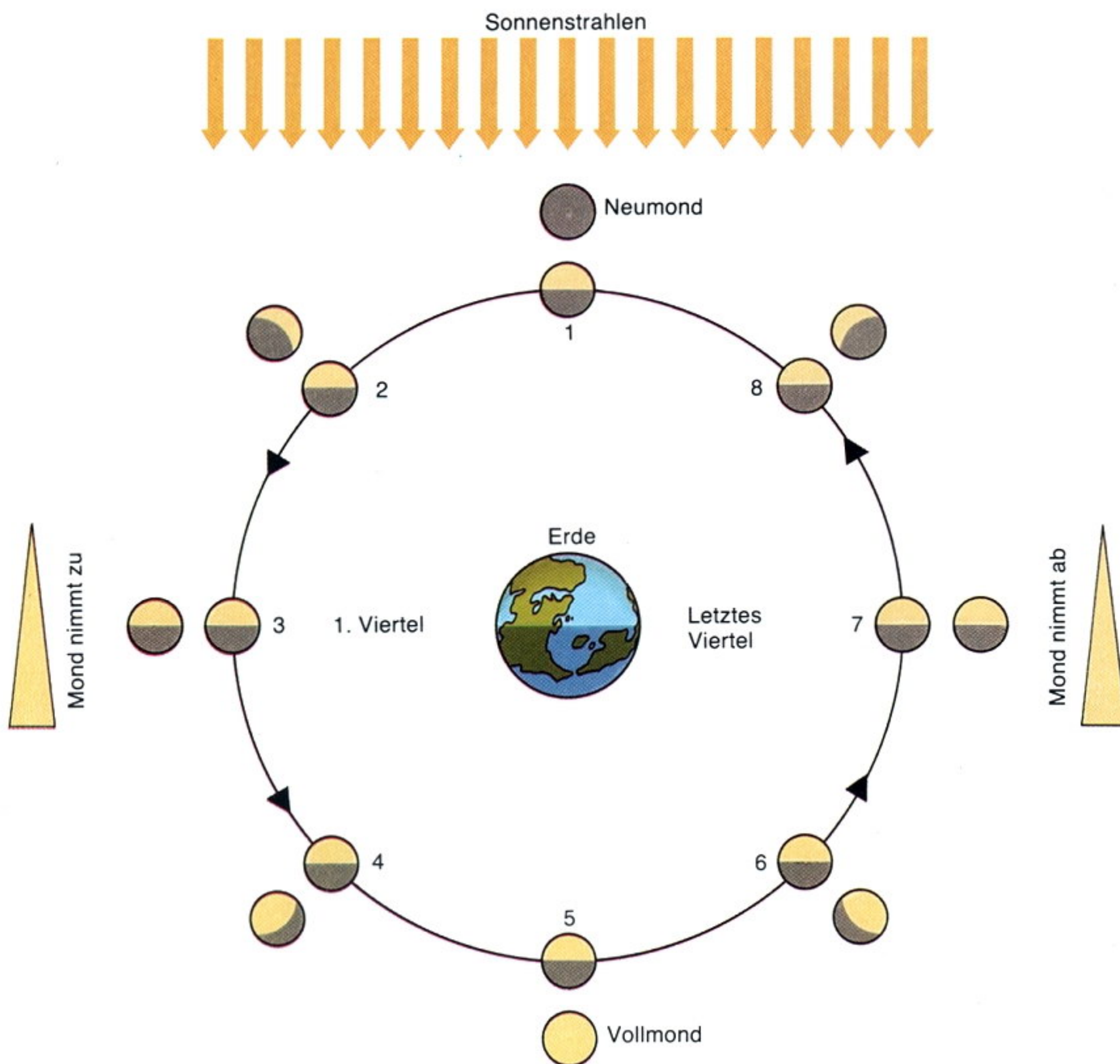
$\frac{1}{4}$ Drehung um die Erde entspricht $\frac{1}{4}$ Drehung um sich selbst



Auf seiner Reise um die Erde zeigt uns der Mond immer dasselbe Gesicht.

Dieser Junge spielt den Mond und dreht sich um den Tisch (die Erde). Er zeigt dem Tisch immer sein Gesicht. Die Rückseite des Jungen könnte man vom Tisch aus nie sehen.





Die Entstehung der Mondphasen

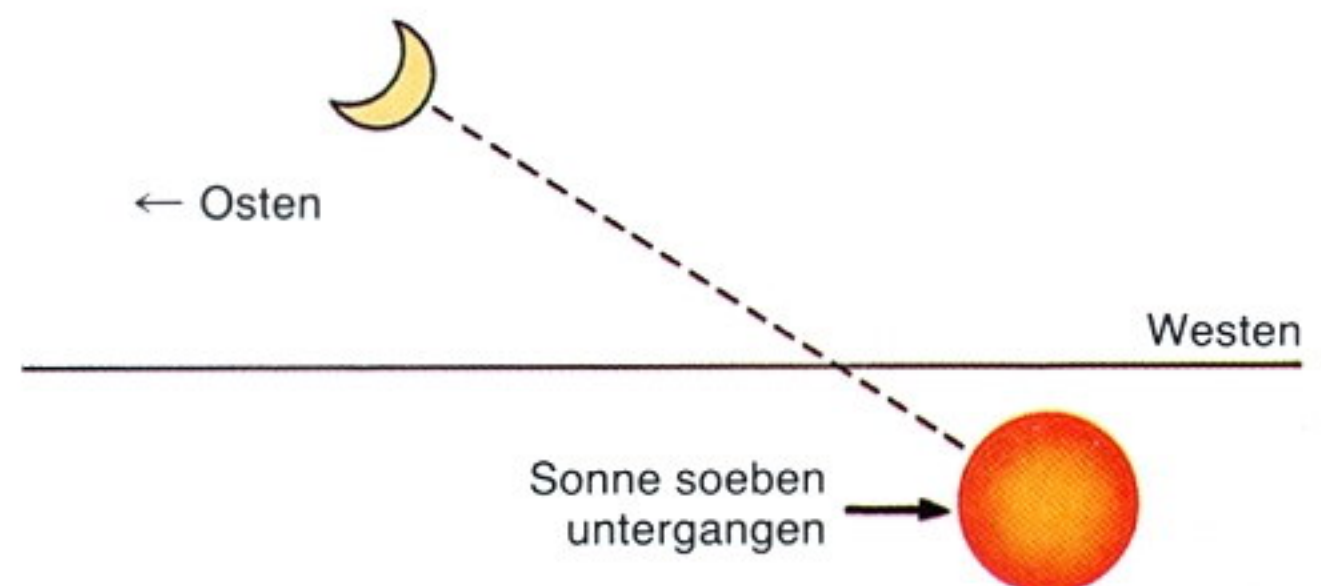
1. Der Mond steht in Richtung der hellen Sonne und ist unbeobachtbar: Neumond
2. Die uns zugewandte Hälfte ist zum kleinen Teil beleuchtet, zum größeren Teil noch dunkel.
3. Der Mond erscheint uns von der Erde aus gesehen halb hell, halb dunkel: zunehmender Halbmond.
4. Der größte Teil der erdzugewandten Mondhälfte ist nun beleuchtet.
5. Die ganze von uns aus sichtbare Mondhälfte ist hell: Vollmond.
- 6., 7., 8. Abnehmender Mond.

Die Sonne leuchtet selbst. Den Mond können wir nur deshalb sehen, weil er von der Sonne angestrahlt wird. Ist die uns zugewandte

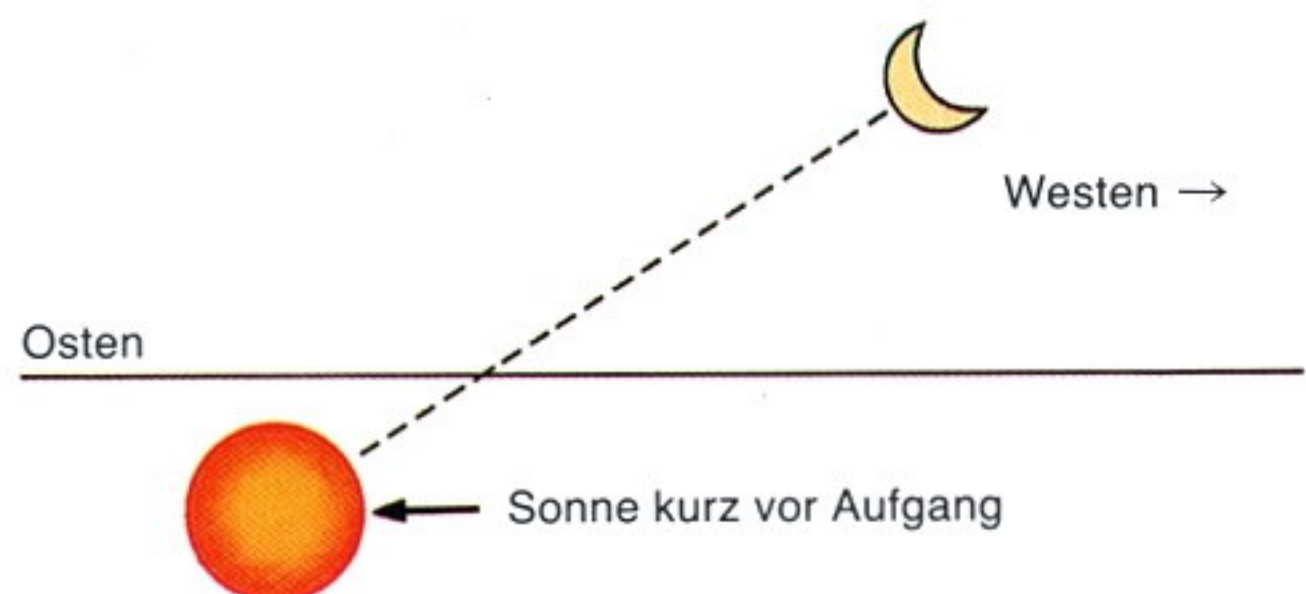
Wie entstehen Halbmond und Vollmond?

Mondhälfte voll beleuchtet, so sehen wir den Mond kugelrund als Vollmond. Erreichen die Sonnenstrahlen nur Teile der von der Erde aus sichtbaren Mondvorderseite, so sehen wir den Mond je nach Beleuchtungsgrad als schmale Lichtsichel, Halbmond oder fast voll beleuchtete Kugel. Diese Lichtgestalten nennt man die Mondphasen.

Steht der Mond in Richtung der hellen Sonne, so kann man ihn nicht sehen, weil er dann von der Sonne überstrahlt wird und die uns zugewandte Mondhälfte außerdem unbeleuchtet ist. Diese



Der zunehmende Mond steht links oder östlich von der Sonne. Wir sehen ihn nach Sonnenuntergang am Abendhimmel.



Der abnehmende Mond steht rechts oder westlich von der Sonne. Wir sehen ihn vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel.

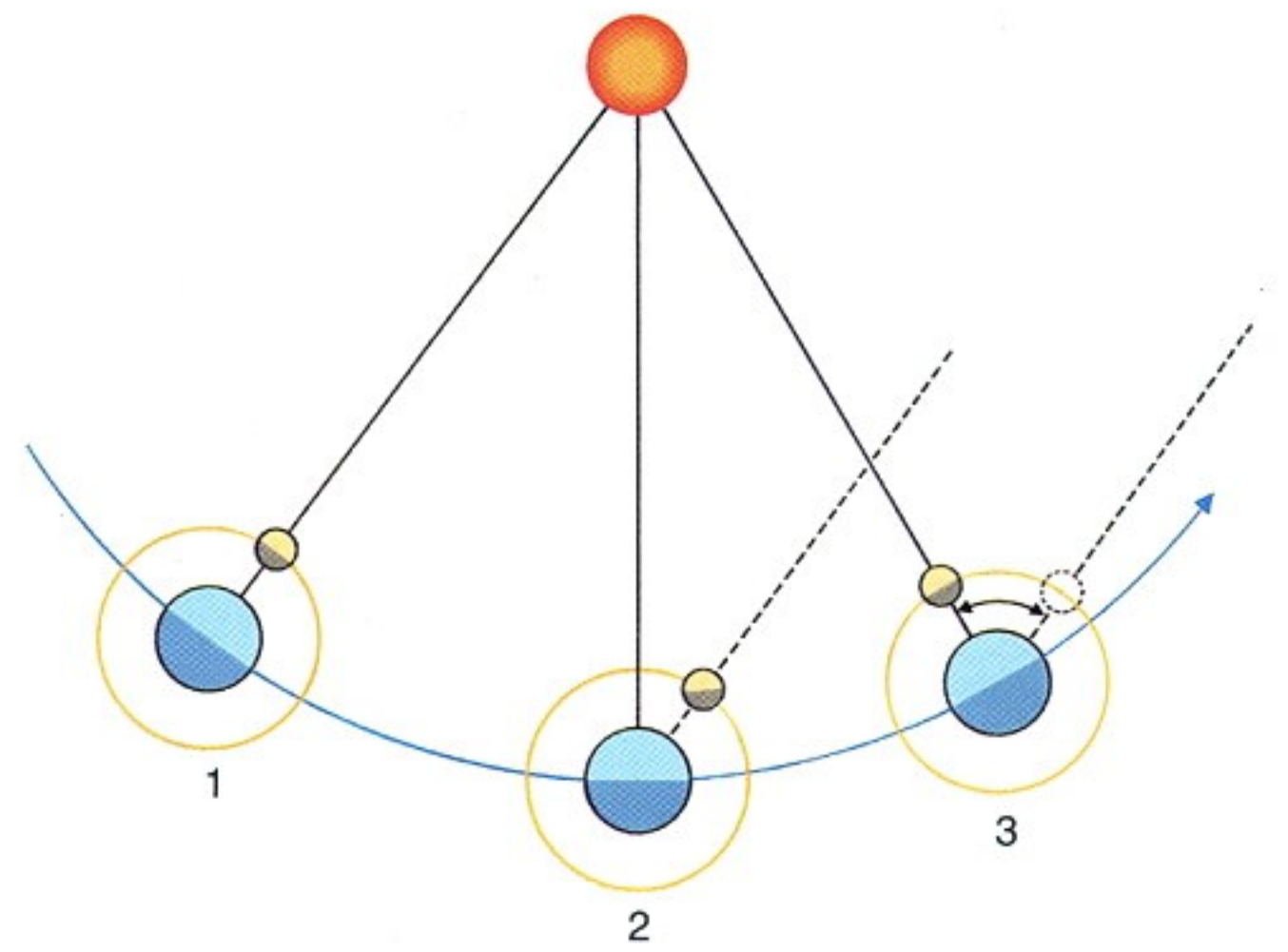
Stellung nennt man Neumond. Der Mond bewegt sich nun auf seiner Bahn weiter, und nach einigen Tagen steht er schon deutlich links oder östlich von der Sonne. Ein kleiner Teil der von der Erde aus sichtbaren Mondhalbkugel ist beleuchtet. Man sieht den Mond als schmale, aber langsam größer werdende oder zunehmende Sichelform am Abendhimmel, da er jetzt erst nach der Sonne untergeht. Rund eine Woche nach Neumond wird unser Begleiter von der Erde aus gesehen genau von der Seite angestrahlt. Man sieht den Mond halb hell und halb dunkel; diese Stellung nennt man zunehmenden Halbmond oder 1. Viertel. Wieder etwa eine Woche später steht der Mond von uns aus gesehen genau der Sonne gegenüber. Er erscheint uns vollbeleuchtet, eben als Vollmond. Danach „nimmt der Mond ab“. Rund 7 Tage nach Vollmond ist wieder Halbmond, das letzte Viertel. Der Mond steht von der Erde aus gesehen nun rechts oder westlich von der Sonne, also vor Sonnenaufgang am Morgenhimmel. In den nächsten Tagen wird die abnehmende Mondsichel immer schmaler, bis wieder die Neumondstellung erreicht ist.

Der Mond dreht sich etwa einmal im

Wie lange dauert ein Umlauf des Mondes um die Erde?

Monat um die Erde, was mit dem Wort „Monat“ ja auch ausgedrückt wird. Allerdings stimmt dies nicht

genau: Eine Erdumkreisung dauert nämlich keineswegs 30, sondern nur $27\frac{1}{3}$ Tage. Diesen Zeitraum nennt man einen siderischen Monat. Dennoch vergehen $29\frac{1}{2}$ Tage von Neumond zu Neumond (synodischer Monat). Erde und Mond drehen sich ja gemeinsam um die Sonne. Neumond ist immer dann, wenn der Mond von uns aus gesehen in Richtung Sonne steht. Da sich während ei-



In Stellung 1 ist Neumond. In Stellung 2 hat der Mond einen Umlauf um die Erde von $27\frac{1}{3}$ Tagen vollendet. Aber erst in Stellung 3, nach rund $29\frac{1}{2}$ Tagen, ist wieder Neumond.

nes Monats für uns die Sonne scheinbar am Himmel weiterbewegt, braucht der Mond von Neumond zu Neumond einen vollen Umlauf und noch zwei weitere Tage, um die Sonne wieder „einzuholen“.

Der synodische Monat von $29\frac{1}{2}$ Tagen spielt eine große Rolle in verschiedenen Kalendersystemen, z. B. bei den Mohammedanern. Ein Monat beginnt dort immer dann, wenn man die zunehmende Mondsichel erstmalig am Abendhimmel aufblitzen sieht. Unsere Monate dagegen stimmen nicht genau mit den Mondphasen überein, da sie ja 28, 29, 30 oder 31 volle Tage dauern.

Wenn auch in unserem Kalendersystem

Was hat der Mond mit dem Osterfest zu tun?

der Mond keine Rolle als Zeitgeber für den Monatsanfang spielt, so wird doch wenigstens mit seiner Hilfe

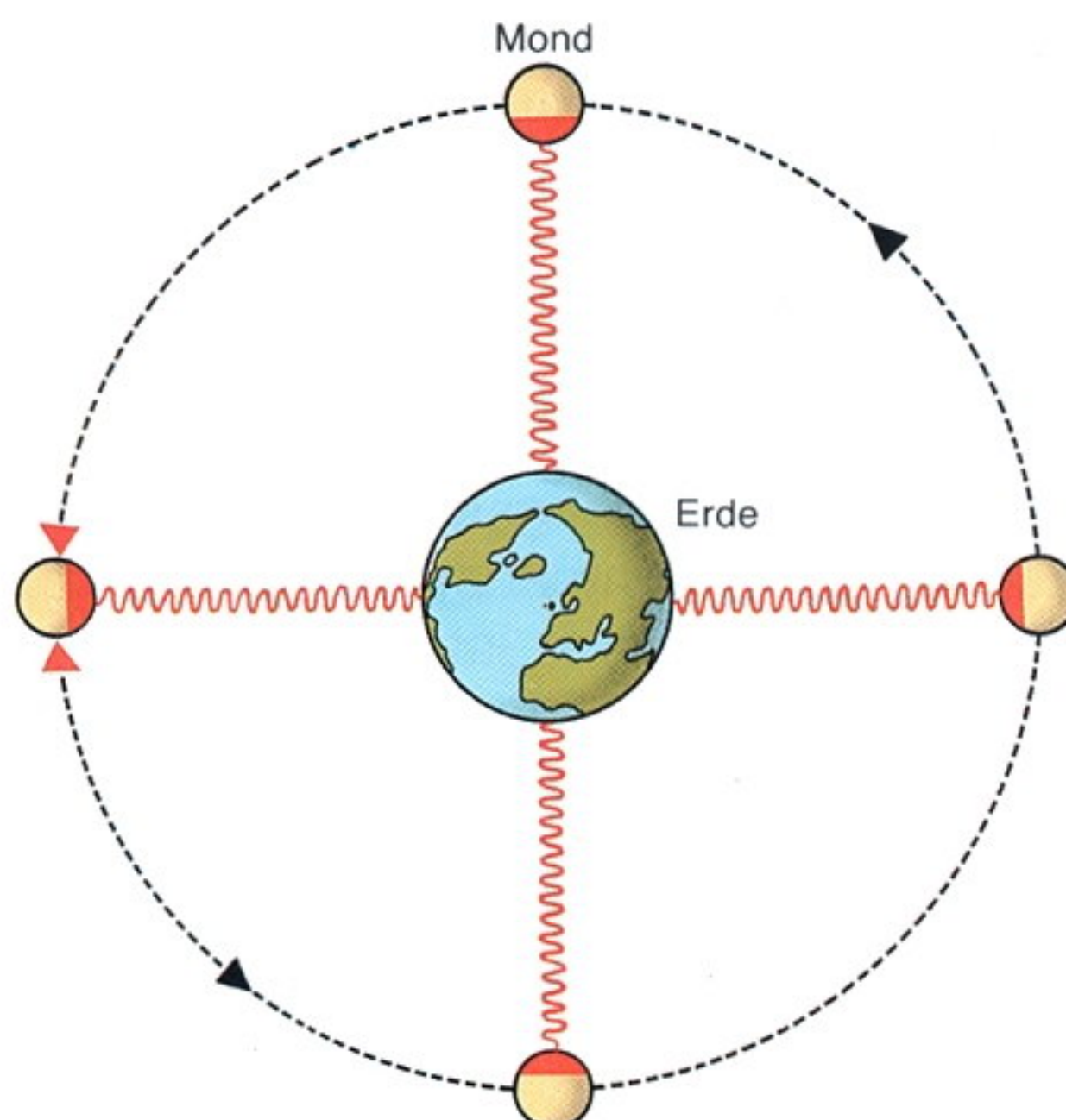
das Osterfest festgelegt. Ostern wird nämlich immer am Sonntag nach dem ersten Vollmond nach Frühlingsanfang gefeiert. Nun kann der Vollmond zum Beispiel auf den 20. März oder auf den 21. 3., den astronomischen Frühlingsanfang, fallen. Im ersten Fall ist Ostern dann sehr spät, im zweiten Fall ganz

früh. Der früheste Termin für den Oster-sonntag ist der 22. März, der späteste der 25. April.

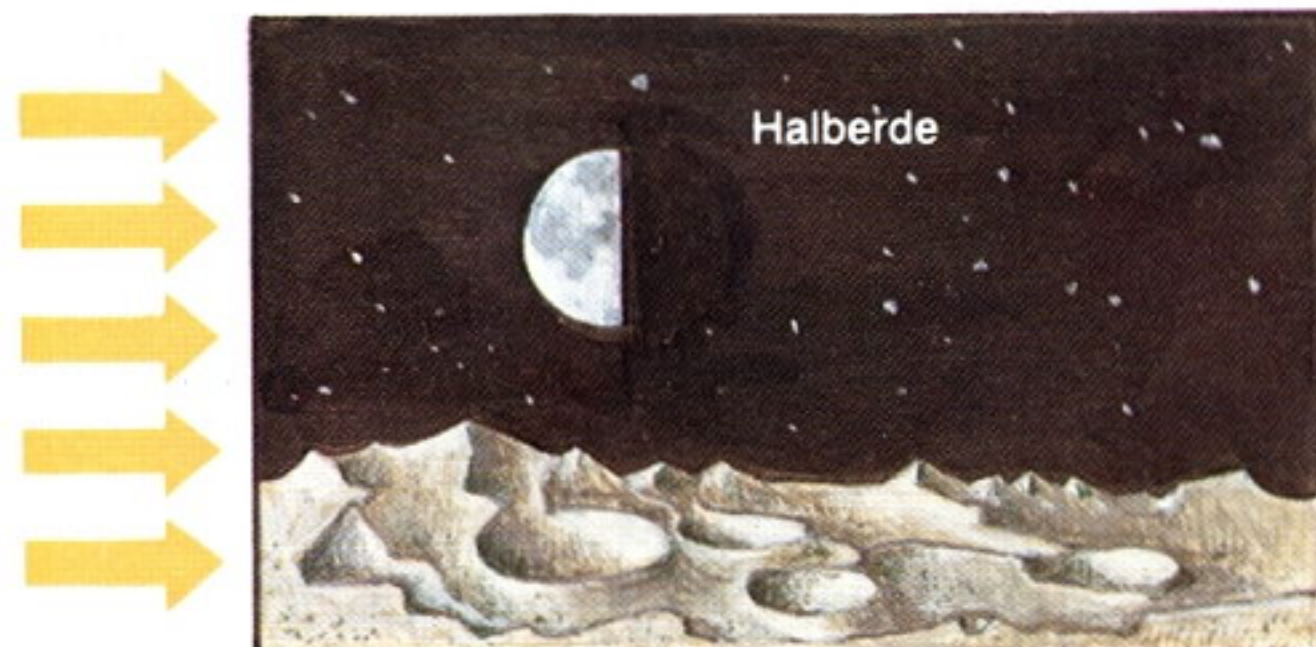
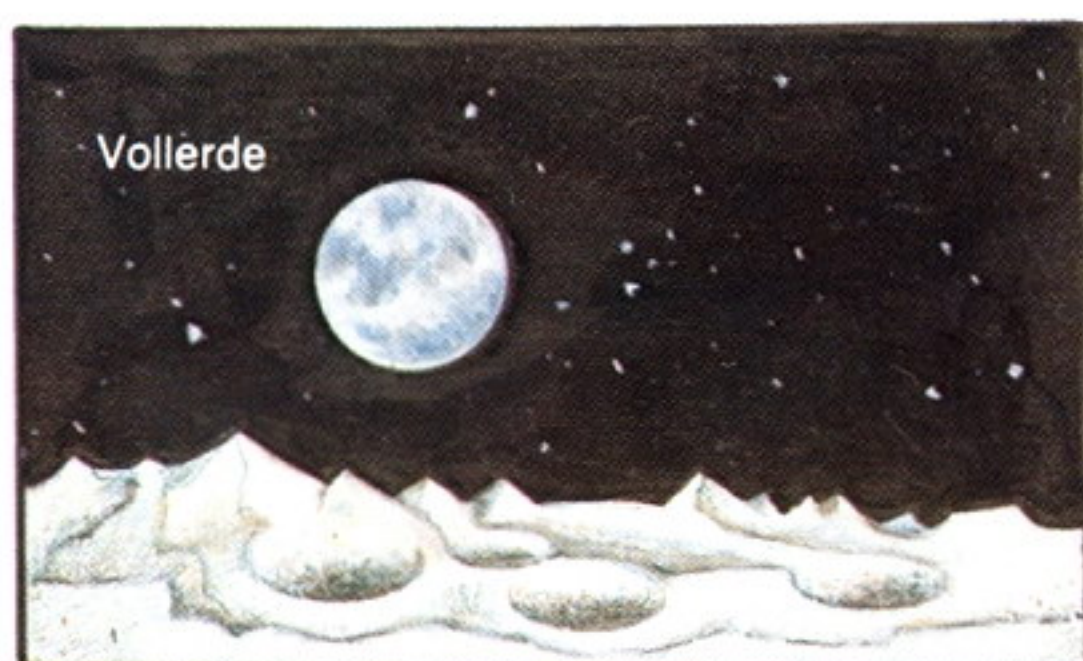
Ostersonntage 1990–2001	
1990: 15. April	1996: 7. April
1991: 31. März	1997: 30. März
1992: 19. April	1998: 12. April
1993: 11. April	1999: 4. April
1994: 3. April	2000: 23. April
1995: 16. April	2001: 15. April

Wir haben bereits gesehen, daß sich auch der Mond um sich selbst dreht, allerdings nicht wie die Erde einmal in 24 Stunden, sondern nur etwa einmal im Monat. Eine bestimmte Mond-landschaft liegt etwa zwei Wochen lang

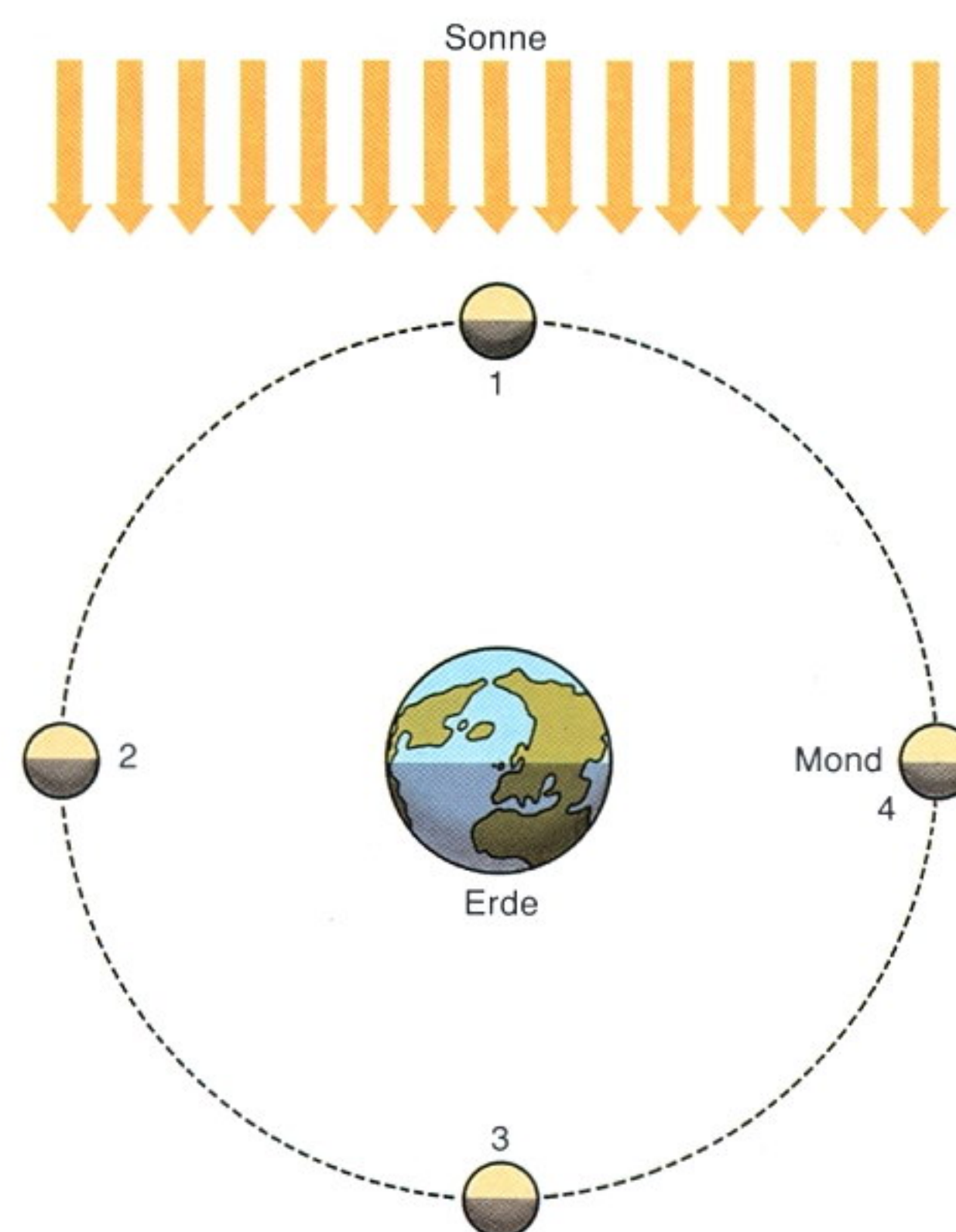
Gibt es Tag und Nacht auf dem Mond?



Der Mond zeigt uns immer dasselbe Gesicht. Für einen Beobachter auf der Mondvorderseite würde die Erde nie untergehen. Nur an den Grenzen zwischen Vorder- und Rückseite kommt es wegen Unregelmäßigkeiten der Mondbahn zu Erdauf- und -untergängen.



Für einen Beobachter auf der Mondvorderseite geht die Erde nicht unter. Sie steht immer über dem selben Berg oder Krater, zeigt jedoch Phasen wie bei uns der Mond.



Ein Mondbewohner kann „Erdphasen“ beobachten:
 Stellung 1: „Vollerde“ Stellung 3: „Neuerde“
 Stellung 2: „Halberde“ Stellung 4: „Halberde“

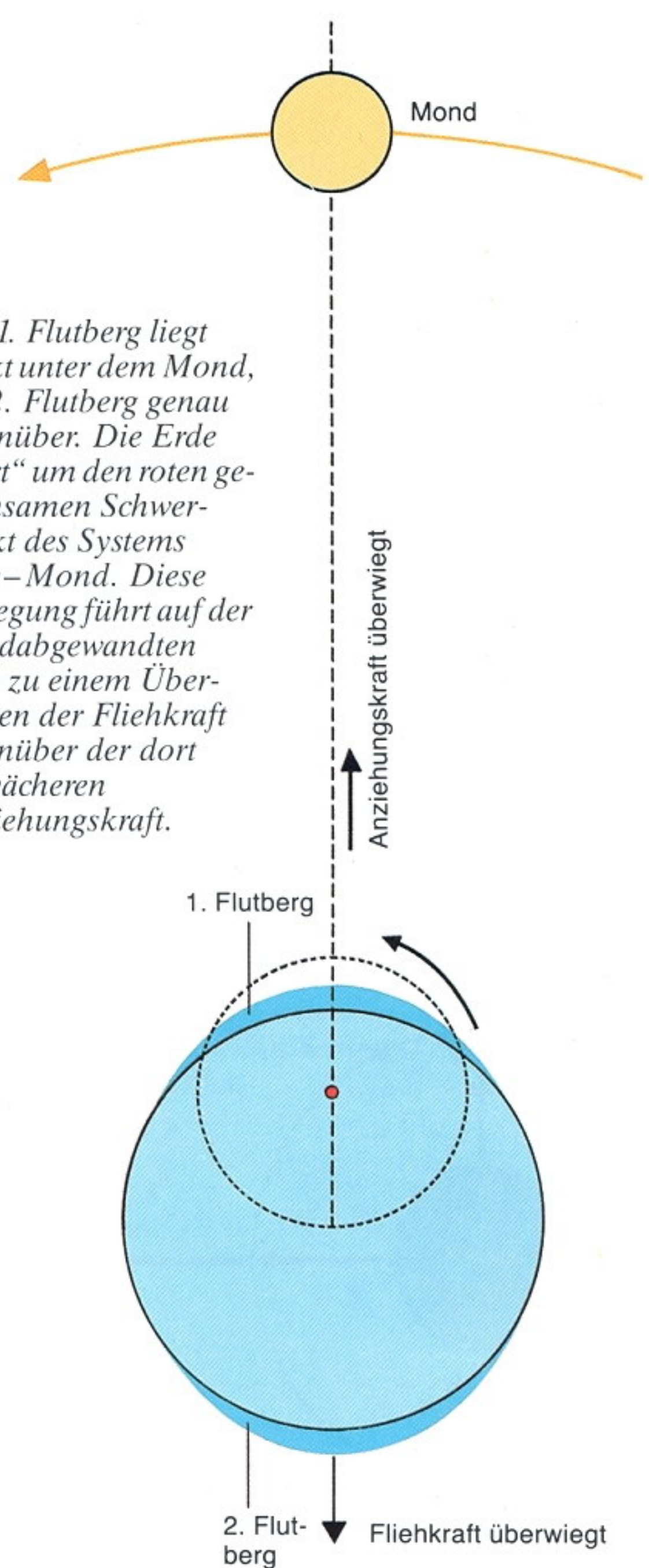
ununterbrochen im Sonnenschein, dann beginnt die ebenfalls zweiwöchige Mondnacht, nur alle $29\frac{1}{2}$ Erdentage erlebt man einen Sonnenaufgang. Bei Tag kann sich das Mondgestein auf 120°C erhitzen, während der langen Nacht kann die Temperatur auf -150°C fallen. Sonne und Sterne gehen vom Mond aus gesehen, wenn auch sehr langsam, auf und unter. Die Erde dagegen ist für einen Beobachter auf der uns zugewandten Seite immer über dem Horizont und scheint sich bis auf kleine Schwankungen nicht zu bewegen. Wie ein festgebundener, großer blauer Ballon steht sie immer über demselben Berg oder Krater. Ein Bewohner der Mondrückseite könnte dagegen die Erde nie sehen. Alle Apollo-Raumschiffe sind auf der Mondvorderseite gelandet, um immer Funkkontakt mit der Erde zu haben.

In Wirklichkeit bewegt sich der Mond gar nicht allein um die Erde, sondern Erde und Mond drehen sich wie ein tanzendes Paar umeinander.

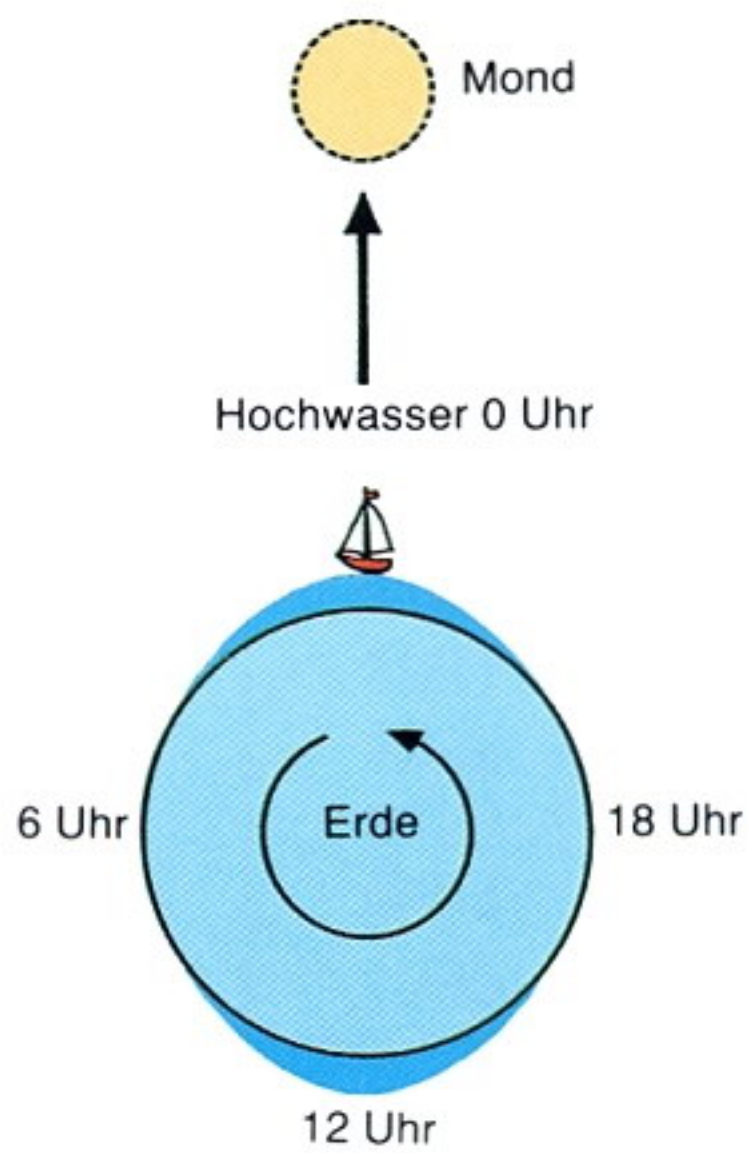
Warum gibt es Ebbe und Flut?

Allerdings sind sie ein sehr ungleiches Pärchen, da ein Partner 81mal mehr wiegt als der andere. Die beiden Himmelskörper drehen sich um ihren gemeinsamen Schwerpunkt. Hätten Erde und Mond gleiche Massen, so würde dieser Schwerpunkt genau zwischen den beiden Gestirnen liegen. Da jedoch die Erde viel massereicher als der Mond ist, liegt der Schwerpunkt näher bei der Erde, ja sogar unter der Erdoberfläche. Der Mond, der ja um diesen Schwerpunkt kreist, scheint sich also echt um die Erde zu drehen. Unsere Erde dagegen vollführt im Laufe eines Monats eine Art Eiertanz um den gemeinsamen Schwerpunkt. Auf der Erde gibt es immer zwei Gebiete, wo das Wasser der Ozeane besonders hoch steht, die bei-

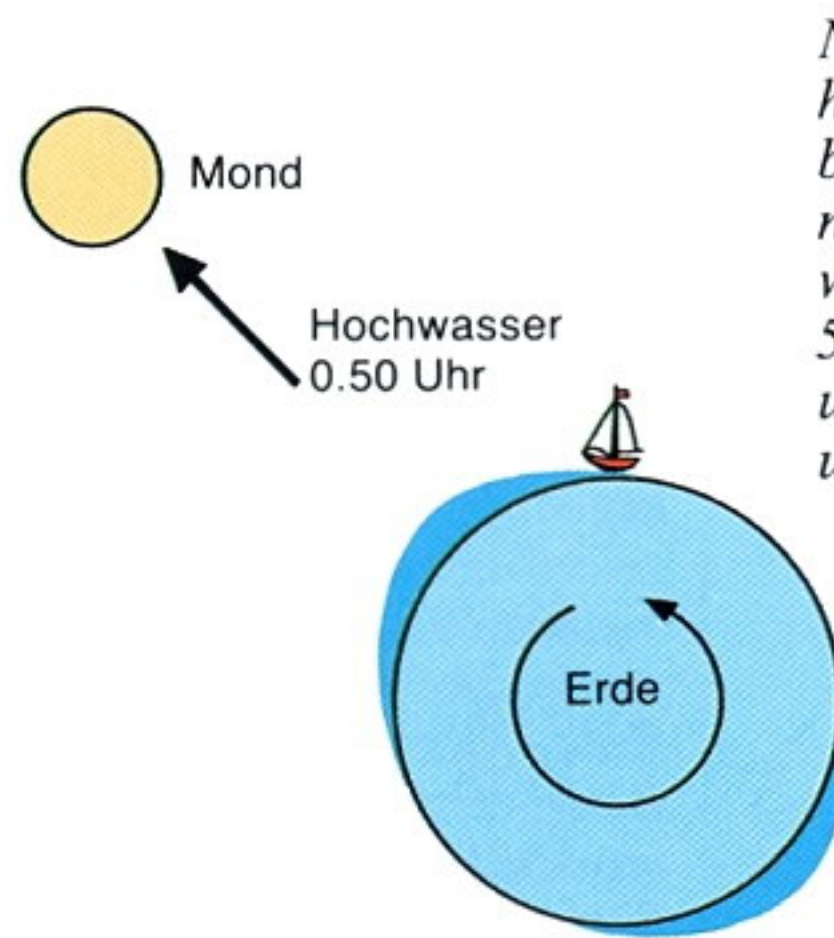
Der 1. Flutberg liegt direkt unter dem Mond, der 2. Flutberg genau gegenüber. Die Erde „eiert“ um den roten gemeinsamen Schwerpunkt des Systems Erde-Mond. Diese Bewegung führt auf der mondabgewandten Seite zu einem Überwiegen der Fliehkraft gegenüber der dort schwächeren Anziehungskraft.



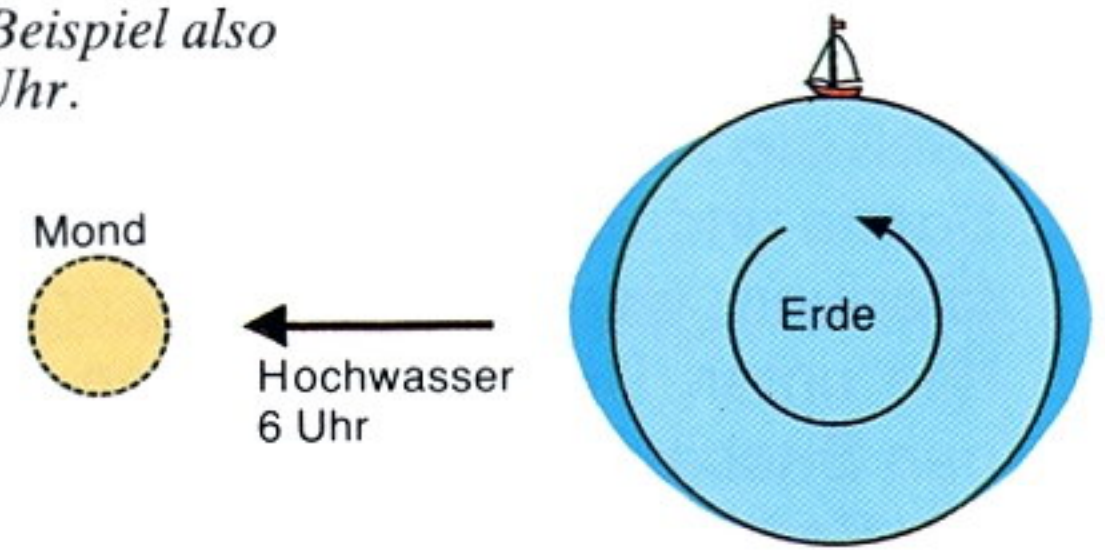
den Flutberge. Einer liegt genau unter dem Mond, der andere auf der mondabgewandten Seite der Erde. Den ersten Flutberg kann man gut verstehen: Die Wassermassen der Meere werden in Mondrichtung am stärksten angezogen. Wie aber kommt der rückwärtige Flutberg zustande? Wie wir eben gesehen haben, wird die Erde um den gemeinsamen Schwerpunkt herumgeschleudert, wobei eine Fliehkraft entsteht, die auf der mondabgewandten Seite überwiegt. Die Wassermassen werden dort also von der Erde weggezogen.



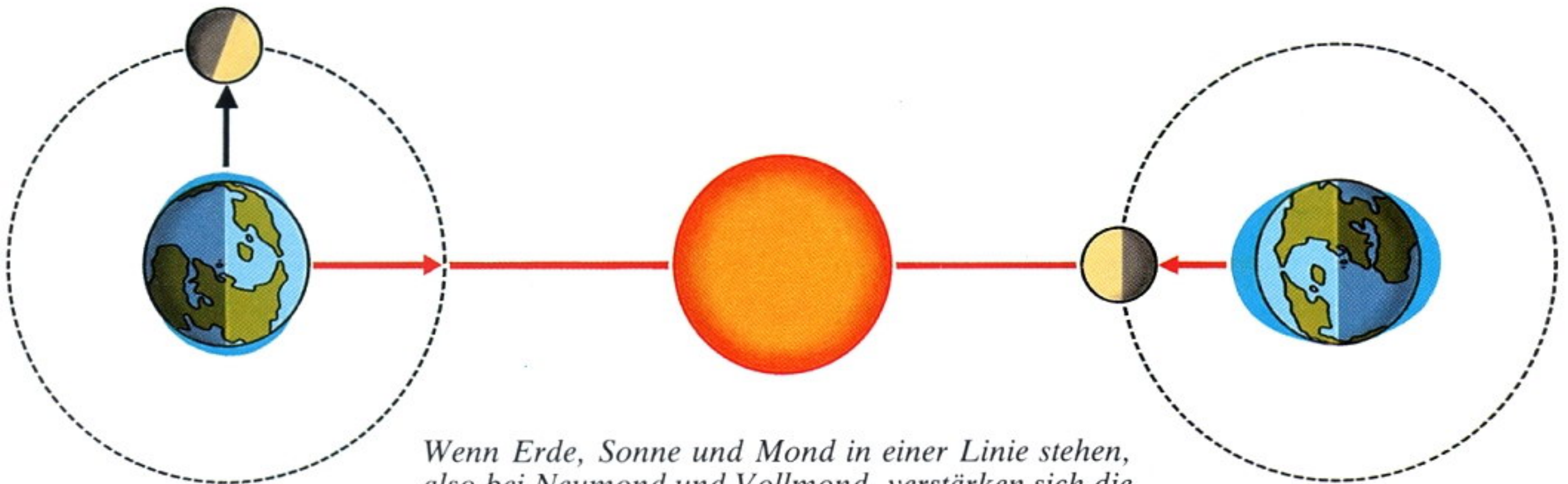
Die Erde dreht sich in rund 24 Stunden um sich selbst. Genau alle 12 Stunden würde ein bestimmtes Gebiet Hochwasser haben, wenn der Mond sich nicht bewegen würde. In unserem Fall um 0 Uhr und um 12 Uhr.



Nach einer Erddrehung haben sich die Flutberge verlagert. Das nächste Nachthochwasser kommt rund 50 Min. später, in unserem Beispiel also um 0.50 Uhr.



Nach etwa einer Woche liegt der Flutberg „waagrecht“: Hochwasser 6 Uhr und 18 Uhr.



Wenn Erde, Sonne und Mond in einer Linie stehen, also bei Neumond und Vollmond, verstärken sich die Kräfte von Sonne und Mond. Wir haben hohe Flutberge (Springfluten). Stehen Sonne und Mond rechtwinklig zueinander, heben sich ihre Anziehungskräfte teilweise auf. Die Flutberge sind niedrig (Nippfluten).

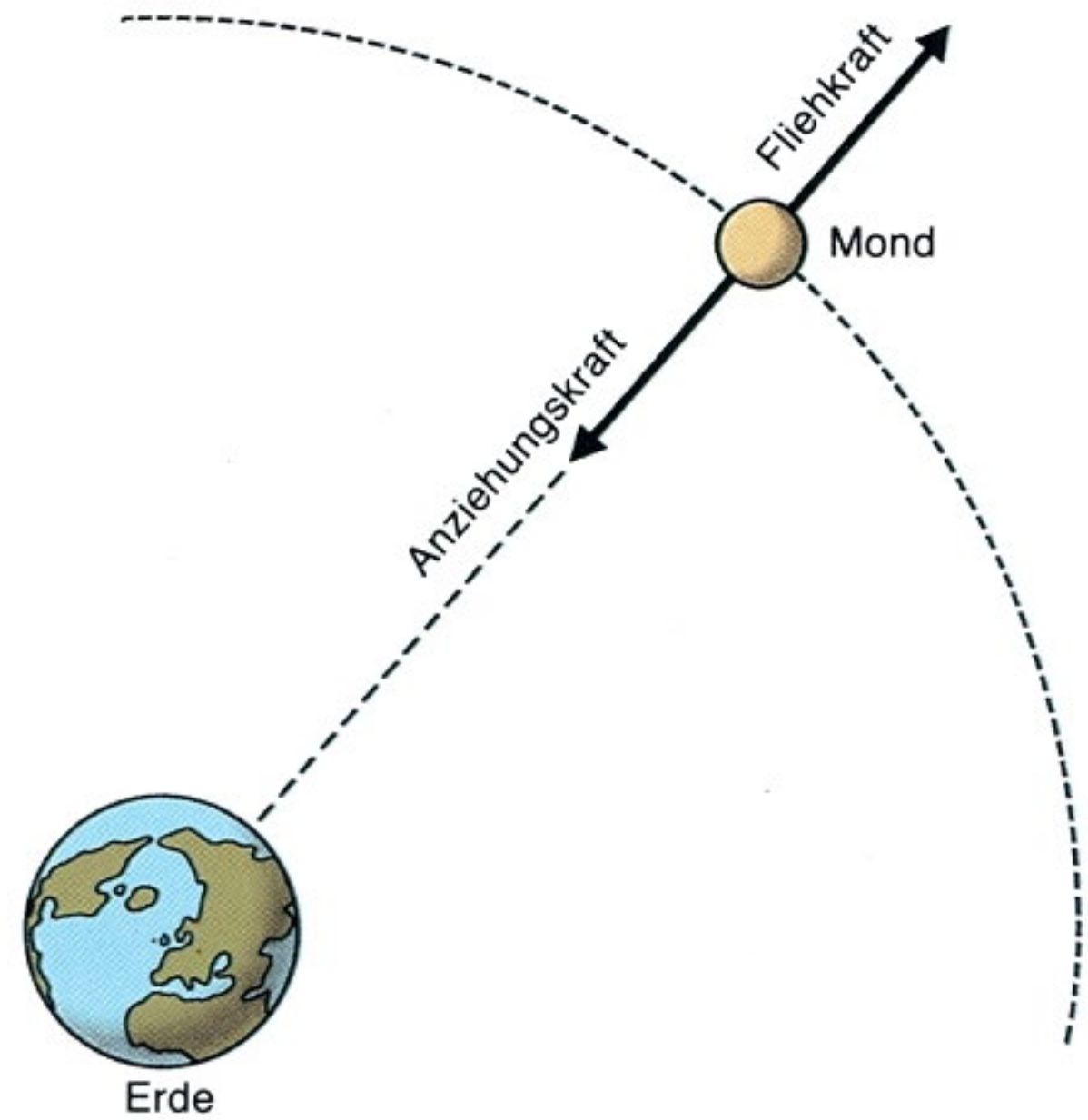
gen, das Wasser steht besonders hoch. Die Lage der beiden Flutberge ist durch die jeweilige Mondrichtung festgelegt. Die schnell rotierende Erde dreht sich unter den Flutbergen durch, so daß ein bestimmtes Gebiet etwa zweimal täglich in einen Flutberg kommt und Hochwasser hat. Da der Mond sich jedoch langsam um die Erde bewegt, nimmt er die Flutberge mit, so daß sich ihre Lage nach einer Erddrehung etwas verändert hat. So vergehen nicht genau 12, sondern rund 12½ Stunden von Hochwasser zu Hochwasser. Findet

zum Beispiel das Nachthochwasser um 0 Uhr statt, so ist in der nächsten Nacht erst etwa 0.50 Uhr Hochwasser, da sich die Erde etwas mehr als einmal herum-drehen muß, um den weitergewanderten Flutberg wieder einzuholen. Stehen Erde, Sonne und Mond in einer Linie, was bei Vollmond und Neumond der Fall ist, so verstärkt die Kraft der Sonne die des Mondes. Wir haben dann besonders hohe Springfluten. Bei Halbmond hebt die Sonne dagegen die Wirkung des Mondes teilweise auf. Man beobachtet niedrige Nippfluten.

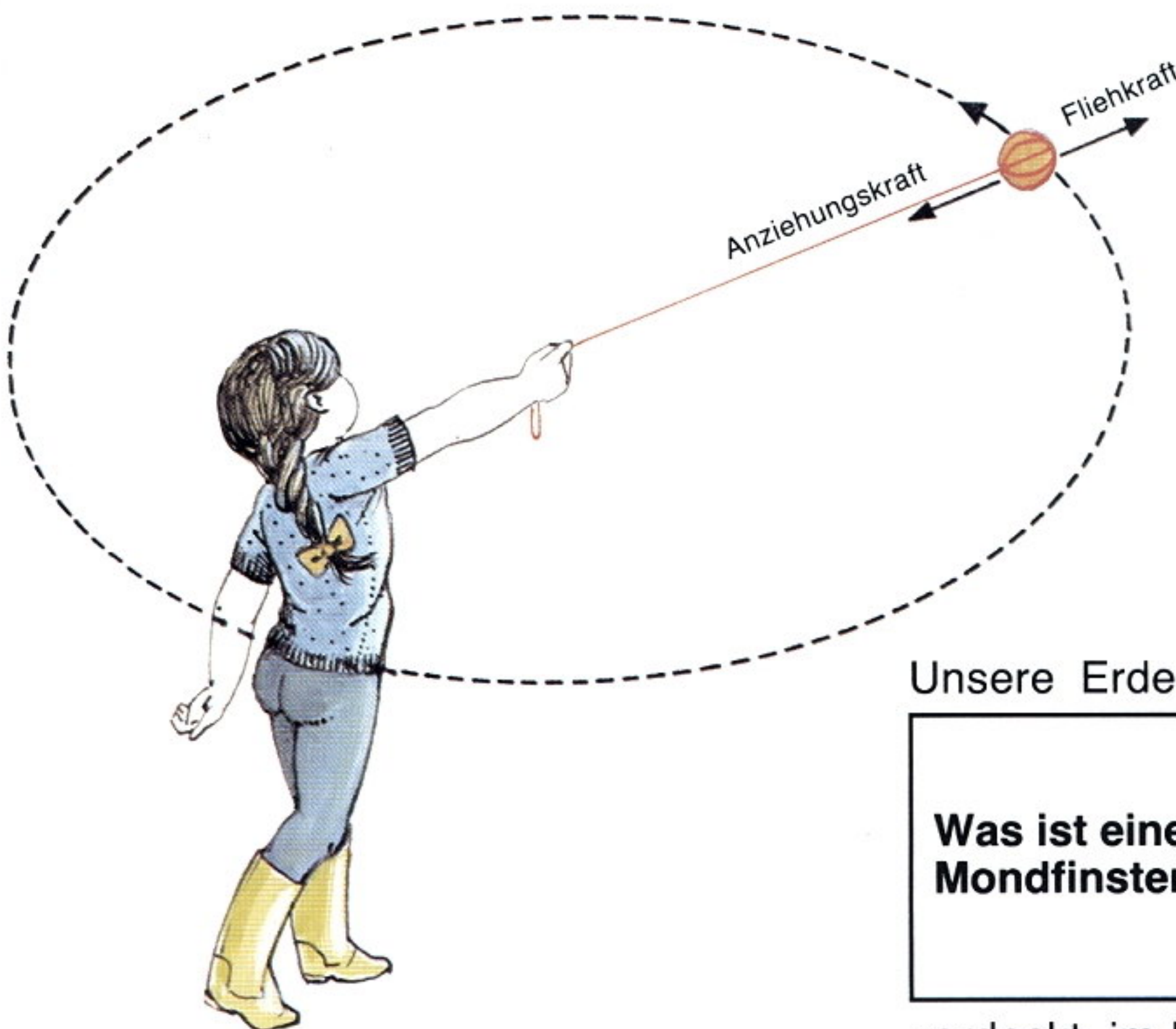
Die Erde zieht den Mond mit ihrer Anziehungskraft an. Würde man den Mond, der ja ununterbrochen um unseren Planeten kreist, anhalten,

Warum fällt der Mond nicht auf die Erde?

so würde er nur kurz stillstehen, dann immer schneller auf die Erde zurasen und schließlich mit ihr zusammenstoßen. Natürlich ist das nicht möglich, der Mond dreht sich seit Urzeiten mit einer Geschwindigkeit von 3659 km pro Stunde um die Erde. Durch diese Drehbewegung wird eine nach außen gerichtete Fliehkraft erzeugt, die genauso groß ist, wie die nach innen, zur Erde gerichtete Anziehungskraft. Die beiden entgegengesetzt wirkenden Kräfte heben sich gegenseitig auf, so daß der Mond auf seiner Bahn bleiben kann.



Die Fliehkraft versucht, den Mond von der Erde wegzuziehen. Dieses verhindert die gleichgroße, aber entgegengesetzte Anziehungskraft. Der Mond bleibt auf seiner Bahn.



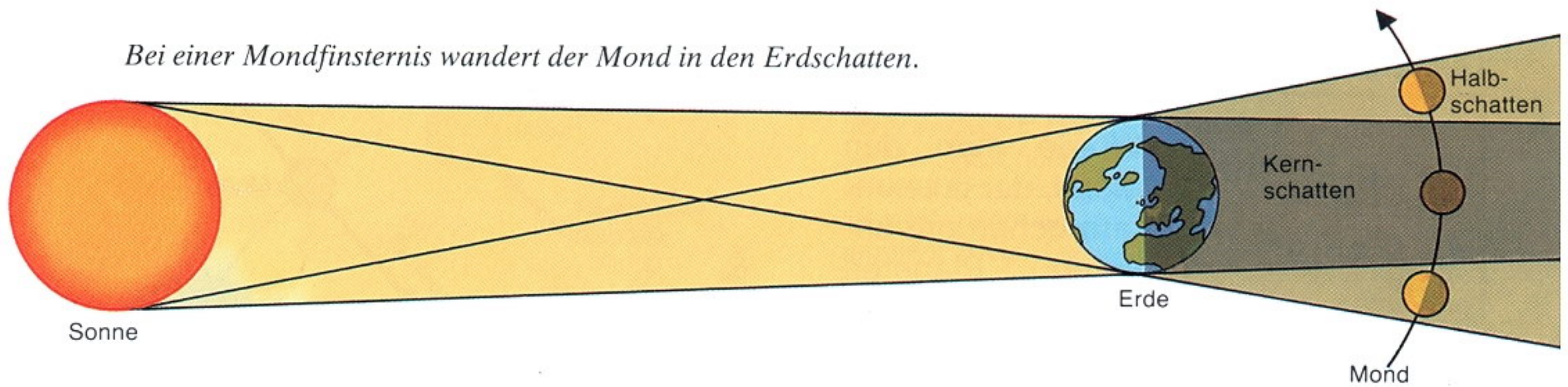
Ein Kind schleudert ein Gewicht, das an einem Bindfaden befestigt ist, um sich herum. Die Fliehkraft versucht, das Gewicht nach außen zu ziehen. Dieses verhindert das Kind, indem es mit der gleichgroßen, nach innen gerichteten Zugkraft die Schnur festhält. Die beiden Kräfte heben sich auf. Das Gewicht bleibt auf seiner Bahn.

Unsere Erde wird von der Sonne be-

Was ist eine Mondfinsternis?

schienen und erzeugt einen Schatten. Im sogenannten Kernschatten ist die Sonne völlig durch die Erde verdeckt, im Halbschatten nur teilweise. Bei Vollmond kann es vorkommen, daß der Mond durch diesen Erdschatten hindurchläuft. Dieses Ereignis nennt man eine Mondfinsternis. Meist läuft der Mond allerdings über dem Erdschatten hinweg oder unter ihm durch, so daß wir

Bei einer Mondfinsternis wandert der Mond in den Erdschatten.



nicht in jedem Monat eine solche Finsternis beobachten können. Taucht der Mond voll in den Kernschatten der Erde ein, so spricht man von einer *totalen Mondfinsternis*. Steht er nur teilweise im Kernschatten, so beobachtet man eine *partielle Mondfinsternis*. Durchgänge durch den Halbschatten fallen kaum auf und sind nur für Fachwissenschaftler interessant (s. Tabelle).

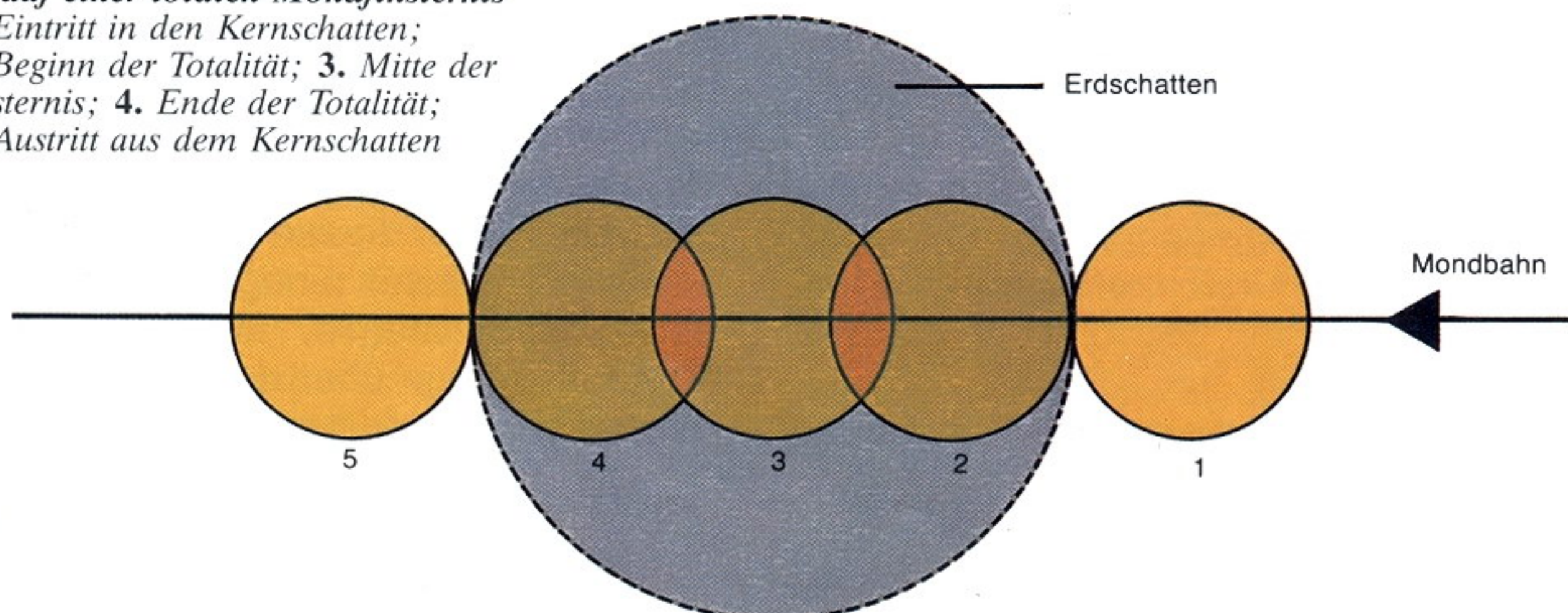
Die in Deutschland beobachtbaren Mondfinsternisse von 1990 – 2000

Datum	Uhrzeit bei Finsternismitte (MEZ)	Art der Finsternis
9. 2. 1990	20h13m	total
10. 12. 1992	0h45m	total
29. 11. 1993	7h26m	total
25. 5. 1994	4h32m	partiell
4. 4. 1996	1h11m	total
27. 9. 1996	3h56m	total
24. 3. 1997	5h41m	partiell
16. 9. 1997	19h47m	total
21. 1. 2000	5h45m	total

Bei einer totalen Mondfinsternis kann man den Mond in einem schwachen, kupferroten Licht sehen. Dieses Licht gelangt durch die Erdatmosphäre hindurch auf den Mond. Auf unserem Bild steht der Mond nicht ganz im Kernschatten.

Ablauf einer totalen Mondfinsternis

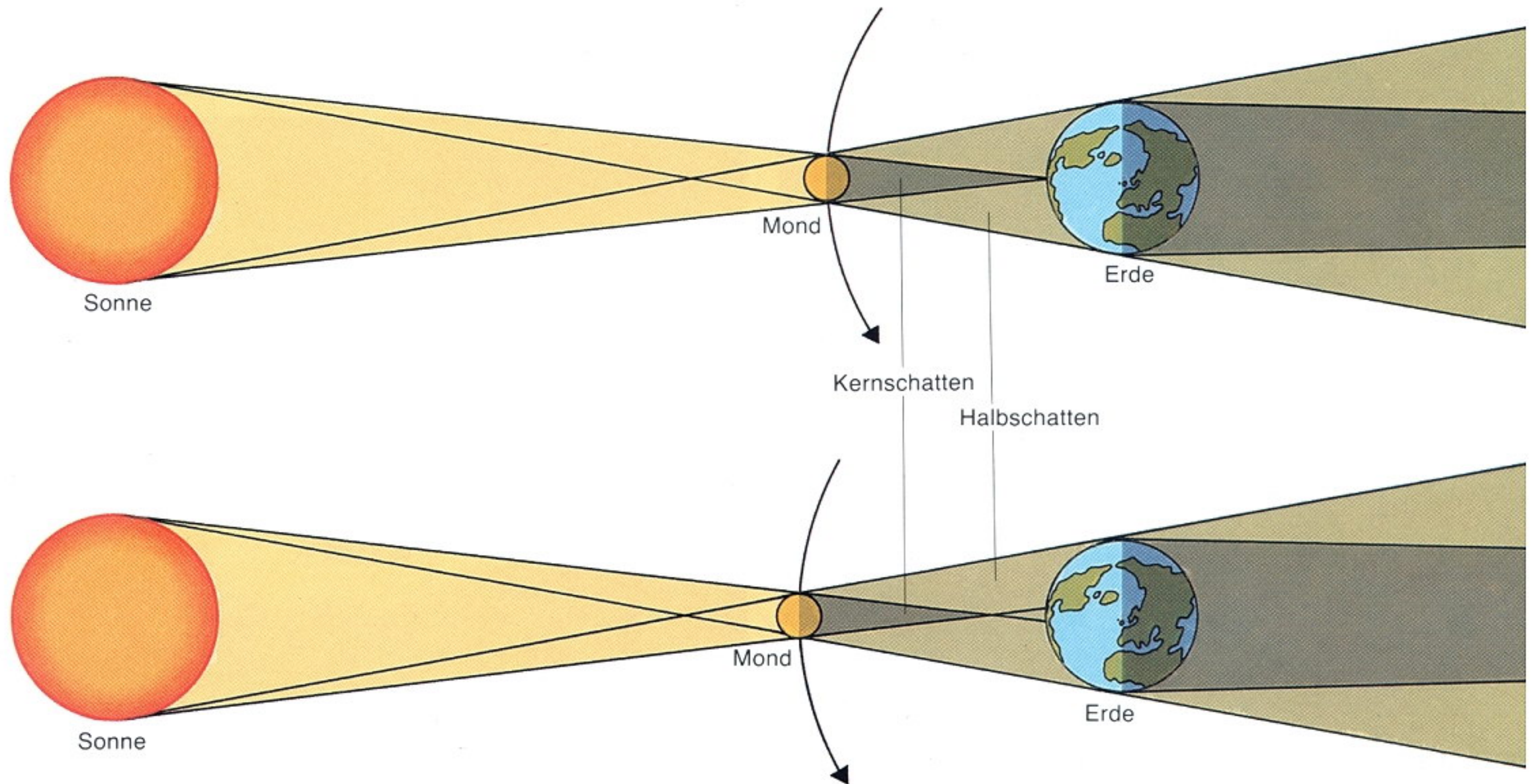
1. Eintritt in den Kernschatten;
2. Beginn der Totalität; 3. Mitte der Finsternis;
4. Ende der Totalität;
5. Austritt aus dem Kernschatten



Bei Neumond kann der Mondschat-
ten auf die Erde fallen. Von der Erde aus
gesehen wird dann die Sonne vom Mond be-
deckt, und man spricht von einer Sonnenfinsternis. Ver-
schwindet die Sonne ganz hinter der

Was ist eine Sonnen- finsternis?

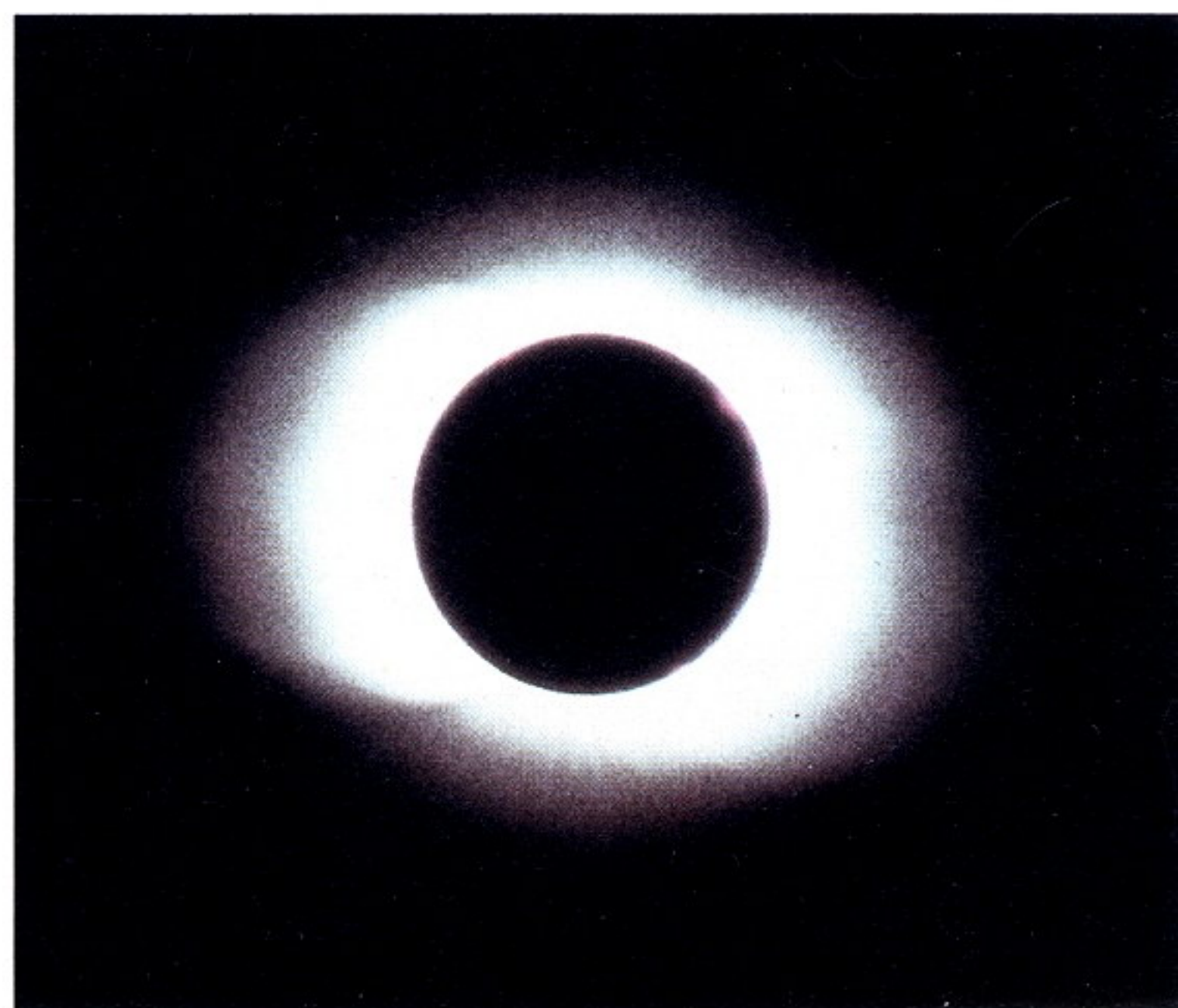
Der Tag wird zur Nacht, am Himmel fun-
keln die hellsten Sterne, am Sonnen-
rand kann man die äußere Sonnenatmo-
sphäre, die Korona und gewaltige Erup-
tionen, die sogenannten Protuberanzen,
beobachten. Solange die Sonne nicht
total verfinstert ist, darf man sie nie mit
dem bloßen Auge oder gar mit dem
Feldstecher oder Fernrohr beobachten,



Mondscheibe, so spricht man von einer
totalen Sonnenfinsternis, die bis zu 7½
Minuten dauern kann. Bedeckt der
Mond die Sonne dagegen nur teilweise,
so haben wir eine *partielle Sonnenfin-
sternis*. Ist der Mond in Erdferne, so er-
scheint er uns kleiner als die Sonne und
kann diese nicht ganz bedecken. Um die
etwas zu kleine Mondscheibe herum er-
kennt man einen hellen Sonnenring:
Das ist eine *ringförmige Sonnenfinster-
nis*. Das Schauspiel einer totalen Son-
nenfinsternis sollte sich niemand entge-
hen lassen, selbst wenn die Beobach-
tung dieses Naturereignisses mit großen
Mühen und Reisekosten verbunden ist.

*Bei einer totalen Sonnenfinsternis (oben) trifft der
Kernschatten des Mondes die Erde. Dabei wird nur
ein kleines Gebiet unseres Planeten gleichzeitig vom
Kernschatten berührt. Bei einer ringförmigen Son-
nenfinsternis (unten) ist der Mond so weit von der
Erde weg, daß die Schattenspitze unseren Planeten
nicht mehr trifft. Von der Erde aus gesehen erscheint
um den Mond ein Sonnenring (nicht maßstabsgetreu).*

es sei denn, man schaltet geeignete
dunkle Filtergläser vor. Leider sind an
einem bestimmten Ort totale Sonnenfin-
sternisse sehr selten. In Stuttgart wird
die nächste 1999 zu beobachten sein,
während die Hamburger bis zum Jahr
2135 warten müssen, wenn sie ihre
Stadt im Kernschatten des Mondes ver-
schwinden sehen wollen.



Die in Deutschland beobachtbaren Sonnenfinsternisse von 1990–2000:

Datum	Ungefähre Uhrzeit bei Finsternismitte (MEZ)	Art der Finsternis
22. 7. 1990	4h03m	partiell
21. 5. 1993	15h20m	partiell
10. 5. 1994	18h12m	partiell
12. 10. 1996	15h03m	partiell
11. 8. 1999	12h04m	total (Süddeutschland)

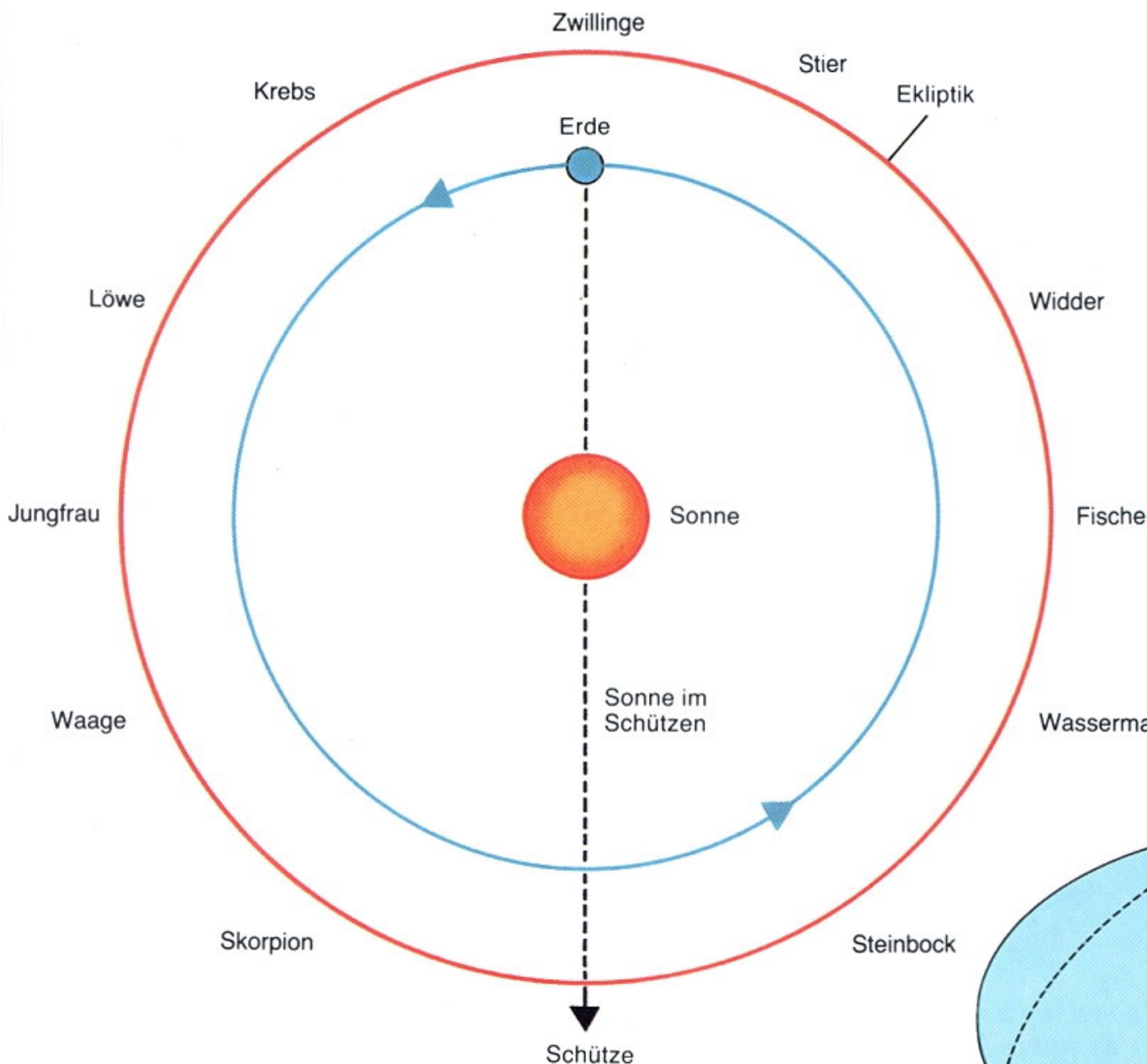
Die nächste ringförmige Finsternis in Deutschland ist am 23. 7. 2093, die nächste totale Finsternis in Norddeutschland am 7. 10. 2135.

*Oben: partielle Sonnenfinsternis
Links: ringförmige Sonnenfinsternis
Unten: totale Sonnenfinsternis*

Wir haben bereits gesehen, daß die Mondbahn eine Ellipse ist, der Mond unserer Erde einmal näher und einmal ferner steht. Genauso wichtig ist die Frage nach der Lage der Mondbahn im Weltraum.

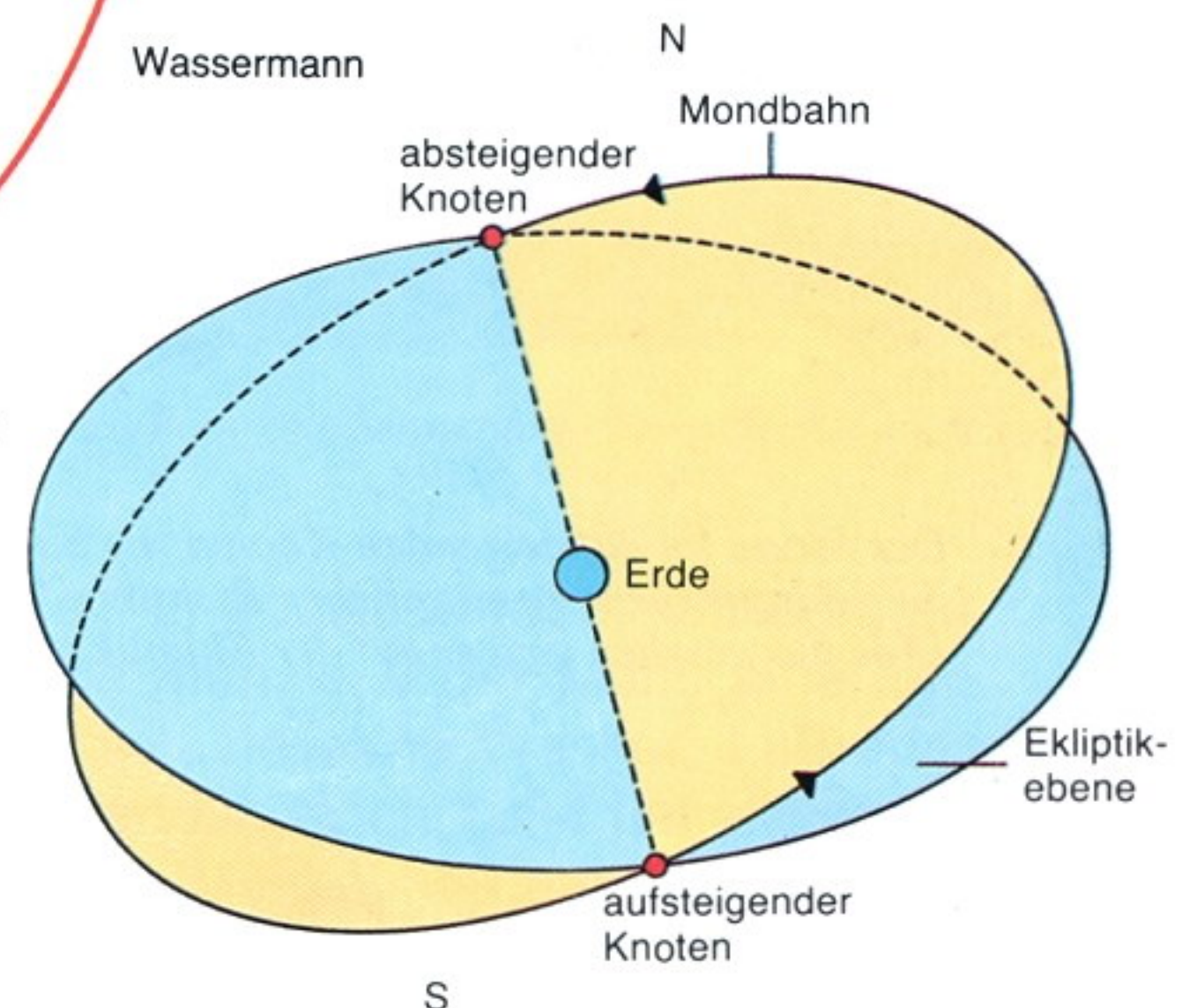
Die Erde dreht sich einmal jährlich um die Sonne. Dadurch hat der irdische Beobachter den Eindruck, die Sonne würde im Laufe des Jahres auf einer

Was sind Mondknoten?



Die Erde dreht sich einmal jährlich um die Sonne. Diese läuft für uns scheinbar durch die zwölf Tierkreissternbilder. In diesem Bild steht sie z. B. im Schützen. Die scheinbare Sonnenbahn heißt Ekliptik.

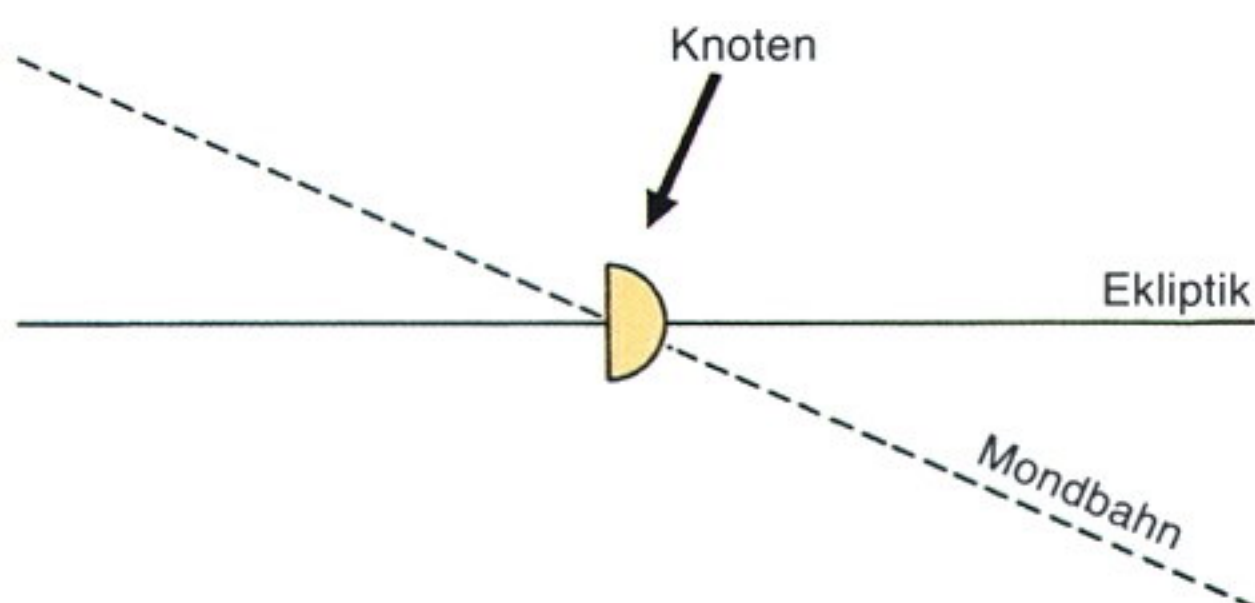
Im aufsteigenden Knoten kreuzt der Mond die Ekliptikebene von Süd nach Nord, im absteigenden Knoten von Nord nach Süd.



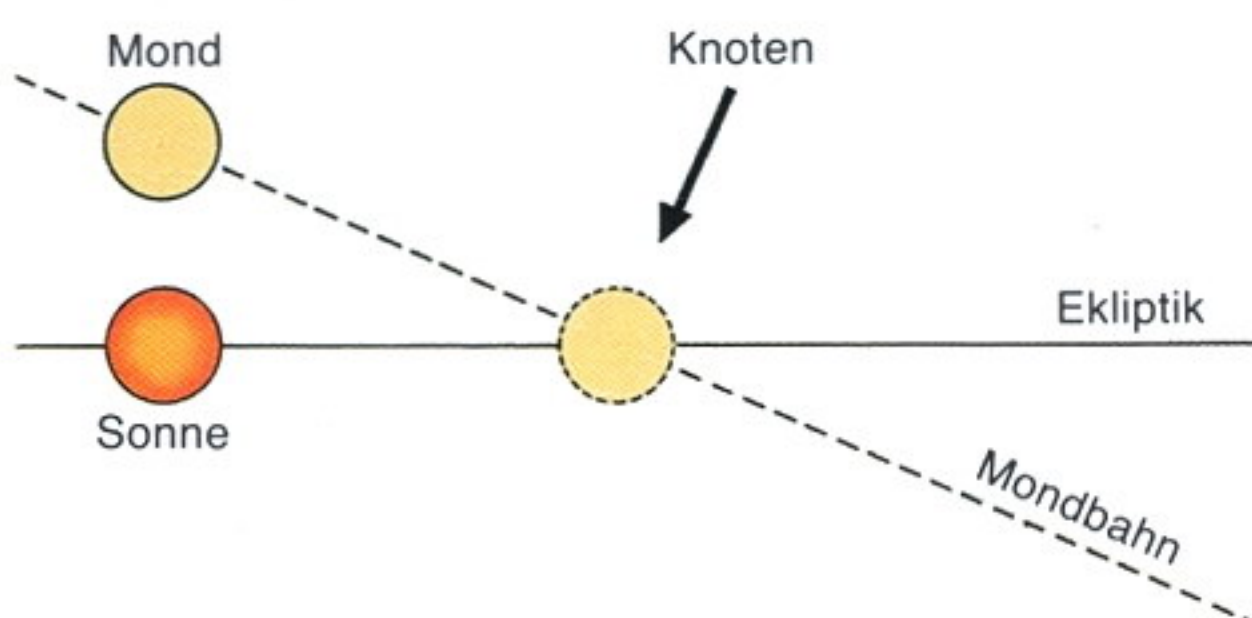
Bahn, die man Ekliptik nennt, durch die 12 Tierkreissternbilder um die Erde laufen. Die Ebene der Erdbahn oder der scheinbaren Sonnenbahn nennt man Ekliptikebene. Die Bahn des Mondes liegt nicht genau in dieser Ebene, sondern ist um den kleinen Betrag von $5,15^\circ$ gegen diese geneigt. Bei jeder Erdumkreisung durchstößt der Mond die Ekliptikebene zweimal. Tut er dies von Nord nach Süd, so ist er im absteigenden Knoten. Von der Erde aus gesehen steht er dann auf der Ekliptik. Da von uns aus betrachtet die Sonne immer auf der Ekliptik steht, kann bei Neumond nur dann eine Sonnenfinsternis stattfinden, wenn der Mond gleichzeitig in einem

Knoten steht, also die Ekliptik kreuzt. Da dieses normalerweise nicht der Fall ist, gibt es nicht in jedem Monat eine Sonnenfinsternis, meist läuft der Mond über der Sonne hinweg oder unter ihr vorbei, so daß er sie nicht bedecken kann. Auch der Erdschatten befindet sich immer auf der Ekliptik. Es kann also bei Vollmond nur dann eine Mondfinsternis geben, wenn der Mond auch gleichzeitig nahe einem Knoten steht. Auch dies kommt selten vor, so daß der Mond meistens den Erdschatten verfehlt. Die Lage der Knoten ist also sehr wichtig für die Finsternisberechnung. Diese wäre sehr einfach, wenn die Knoten immer an derselben Stelle liegen würden. Leider ist

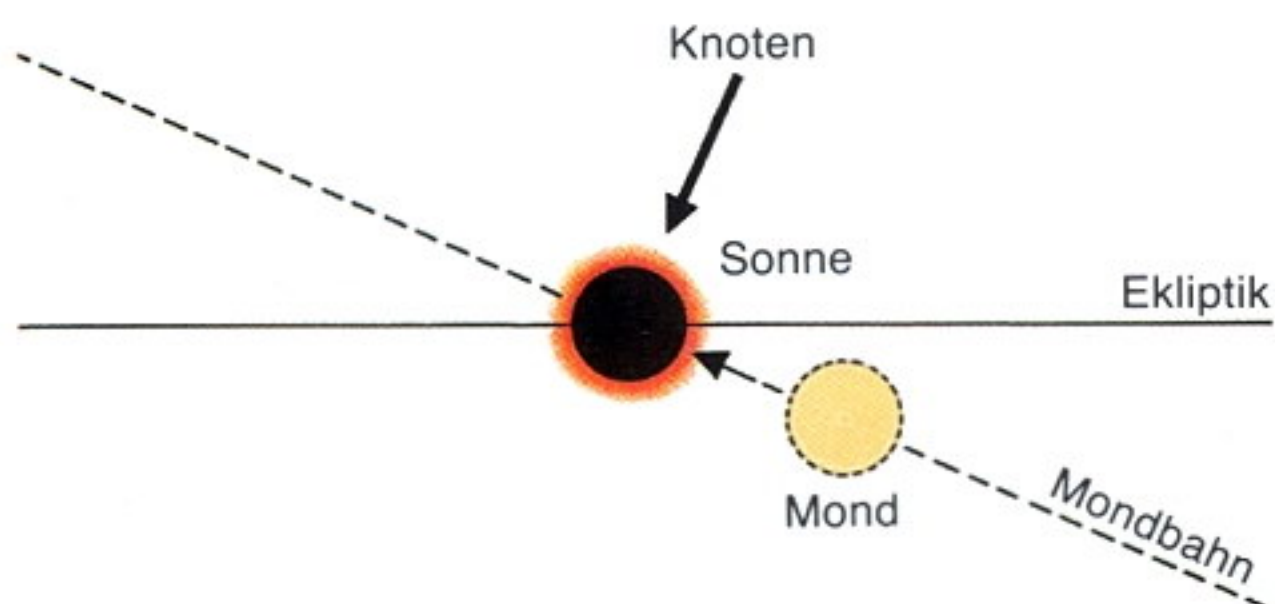
das nicht der Fall: Durch die Gravitationswirkung der Sonne wandern die Knoten einmal in 18,61 Jahren um die ganze Ekliptik herum, so daß sie stets an einer anderen Stelle liegen. Aus diesem Grund können Sonnen- und Mondfinsternisse im Laufe der Zeit in jedem Monat vorkommen. Auch andere Größen, wie die Ellipsenform, die Lage des erdnächsten Punktes und die Bahnneigung werden durch die Sonnenkräfte periodisch verändert, so daß die vollständige Berechnung der Mondbahn eines der schwierigsten Probleme der Astronomie ist.



Der Mond im aufsteigenden Knoten: Er durchstößt die Ekliptikebene in nördlicher Richtung. Von der Erde aus gesehen liegt er auf der Ekliptik.



Der Mond steht bei Neumond nicht im Knoten: Er läuft über die Sonne hinweg: keine Finsternis.



Der Mond wird bei Neumond im Knoten stehen und die Sonne bedecken: In diesem Monat ist eine Sonnenfinsternis zu erwarten.

Die Gezeitenwirkung des Mondes ist

Beeinflußt der Mond das Wetter?

nicht auf die Weltmeere beschränkt. Auch das Festland hebt und senkt sich täglich zweimal um etwa 50

cm. In unserer Lufthülle erzeugt der Mond ebenfalls geringe Luftdruckschwankungen. Diese sind jedoch viel zu klein, um das Wetter beeinflussen zu können. Völlig unsinnig ist die Behauptung, der Mond erlaube genaue Wettervorhersagen. Auch heute noch hört man oft, bei zunehmendem Mond sei das Wetter stabil, bei Vollmond würde es umschlagen, während es bei abnehmendem Mond viel Regen geben soll. Wie falsch solche Regeln sind, erkennt man schon daran, daß der Mond ja für alle Beobachter der Welt zu- oder abnimmt oder die Vollmondstellung erreicht. Es müßte dann in allen Ländern der Welt die gleiche Wetterlage herrschen, was ganz bestimmt nicht der Fall ist. Zum Beispiel ist in Berlin, Madrid und New York am selben Tag Vollmond. In Deutschland kann es zu diesem Zeitpunkt regnen, in Madrid scheint vielleicht die Sonne, und an der amerikanischen Ostküste brausen schwere Schneestürme um die Wolkenkratzer.

Schon vor vielen tausend Jahren beobachteten die

Wie dachten die Menschen früher über den Mond?

Steinzeitmenschen den Mond. Seine schnelle Wanderung zwischen den Sternen, aber auch

sein ständiger Phasenwechsel regte die Phantasie unserer Vorfahren an. Für sie war der Mond Wohnort der Götter oder selbst ein Gott, der den Menschen mit seinem milden Licht ein wenig die Furcht vor den Schrecken der Nacht nahm. Auch als Zeitmesser war der Erdbegleiter ihnen hoch willkommen und diente

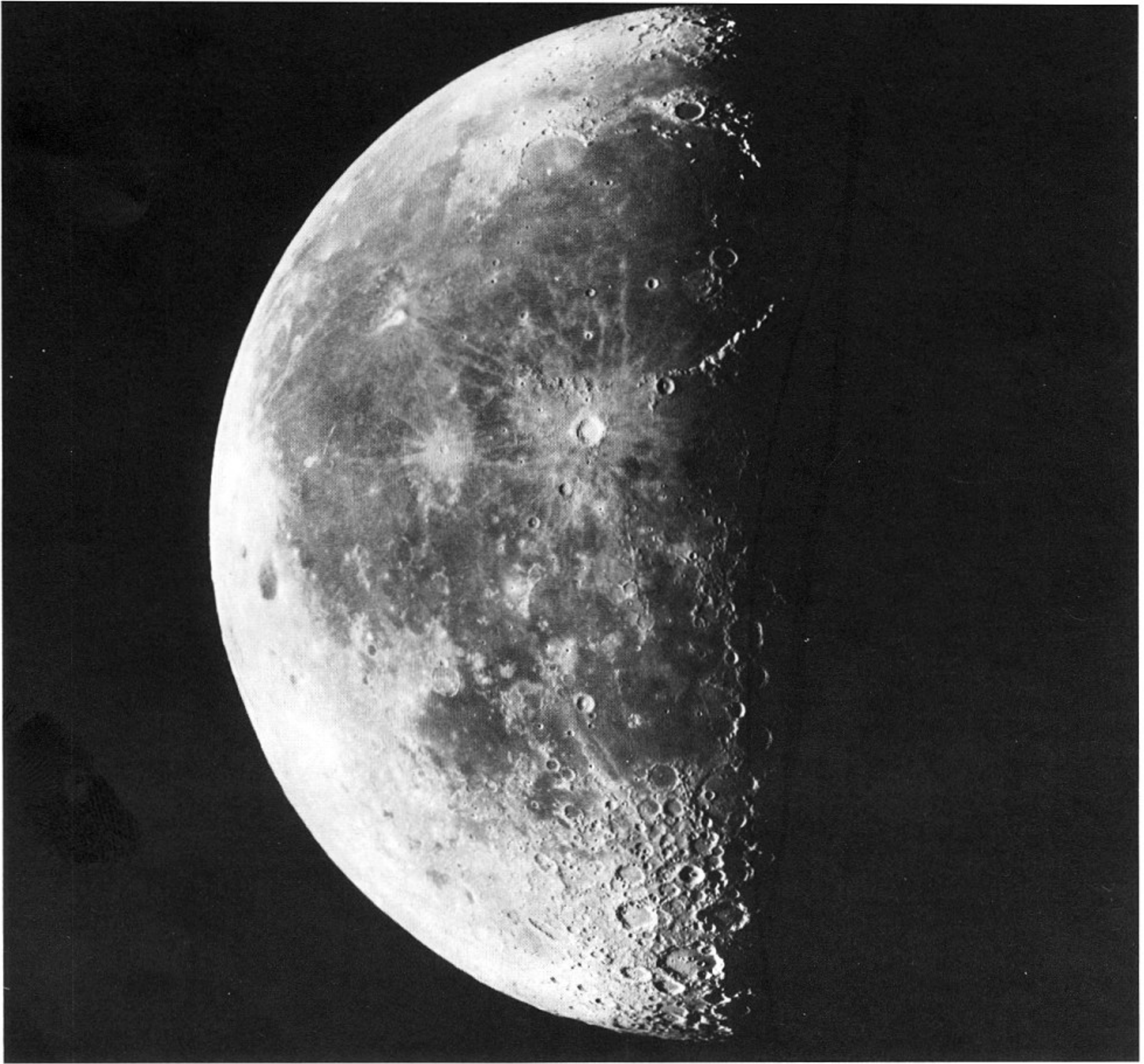


Galileo Galilei war der erste Wissenschaftler, der den Mond durch ein Fernrohr betrachtete. Er entdeckte auch die Jupitermonde.

zur Aufstellung der ersten primitiven Kalender.

Die wahre Natur des Mondes blieb lange im Dunkeln. Viele unserer Vorfahren glaubten, der Mond würde tatsächlich seine Gestalt ändern, also dünner oder dicker werden. Unser altes Märchen von dem Schneider und dem Mond zeugt noch von diesen Vorstellungen. Selbst die alten Griechen dachten zunächst, der Mond sei eine Scheibe oder ein Wagenrad. Später erkannten sie dann die wahre Natur der Mondphasen und Finsternisse. Auch von der Entfernung unseres Erdbegleiters hatten sie bald sehr klare Vorstellungen. Jahrhunderte später hatte man allerdings immer noch abenteuerliche Vorstellungen von den Mondlandschaften, bis Galileo Galilei 1609 zum erstenmal ein Fernrohr zu den Sternen richtete. Er entdeckte die Mondkrater und Mondberge und erstellte eine erste, noch sehr einfache Landkarte unserer Nachbarwelt. Je größer und bes-

ser die Fernrohre wurden, umso mehr erkannte man, daß der Mond eine tote Gesteinswüste ohne Wasser, Luft oder gar Leben ist. Noch 1834 fiel allerdings die ganze Menschheit auf den „großen Mondschwindel“ herein: Ein amerikanischer Reporter hatte berichtet, auf dem Mond seien mit einem Riesenteleskop Büffelherden, blaue Einhörner, Pelikane, Riesenameisen und gehörnte Bären entdeckt worden, was nicht nur seine einfältigen Zeitgenossen, sondern auch viele Wissenschaftler für bare Münze nahmen. Auch heute, lange nach den erfolgreichen Apollo-Flügen, steht der Mond im Mittelpunkt des Aberglaubens. So soll er Wahnsinn verursachen oder das Baumwachstum beeinflussen, auf die Saat einwirken und, zusammen mit den anderen Gestirnen, unser Schicksal beeinflussen. Alle diese Weisheiten und Regeln halten natürlich einer wissenschaftlichen Untersuchung nicht stand.



Die beiden Fotos zeigen die erdzugewandte Seite des Mondes. Links: abnehmender Halbmond, rechts: zunehmender Halbmond.

Die Landschaften des Mondes

Schon ein flüchtiger Blick auf eine

Wie sieht es auf dem Mond aus?

Mondkarte oder einen Mondglobus zeigt, daß es auf unserer Nachbarnwelt zwei ganz verschiedene Landschaftstypen gibt, die dunklen Mondmeere (Mare-Gebiete) und die hellen, kraterreichen Hochländer (Terra-Gebiete). Früher glaubte man, der Mond habe wie die Erde Ozeane und Kontinente. Nun gibt es auf dem Mond aber

praktisch kein Wasser und keine Luft. Die sogenannten Mondmeere sind nur große Flächen aus dunklem Lavagestein. Diese Lava hat die früher vorhandene helle Landschaft teilweise überflutet und ist dann erkaltet. In den Terra-Gebieten kann man tausende und aber tausende von großen und kleinen Kratern beobachten, in den Meeren findet man dagegen auffallend wenige Krater. Auch gewaltige Gebirgsketten sind zu finden, lange Täler und tiefe Rillen. Von vielen Kratern gehen helle Strahlen aus.



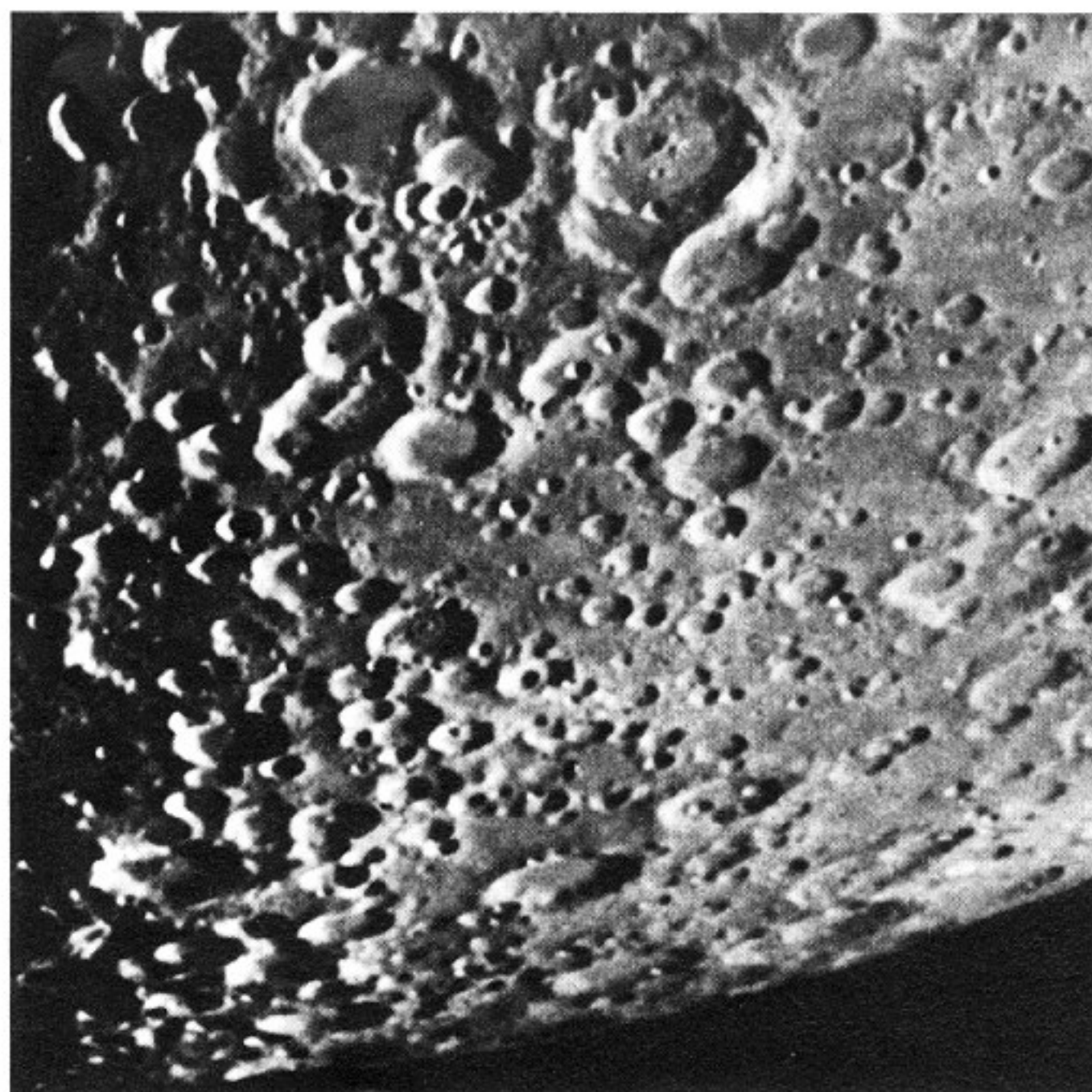
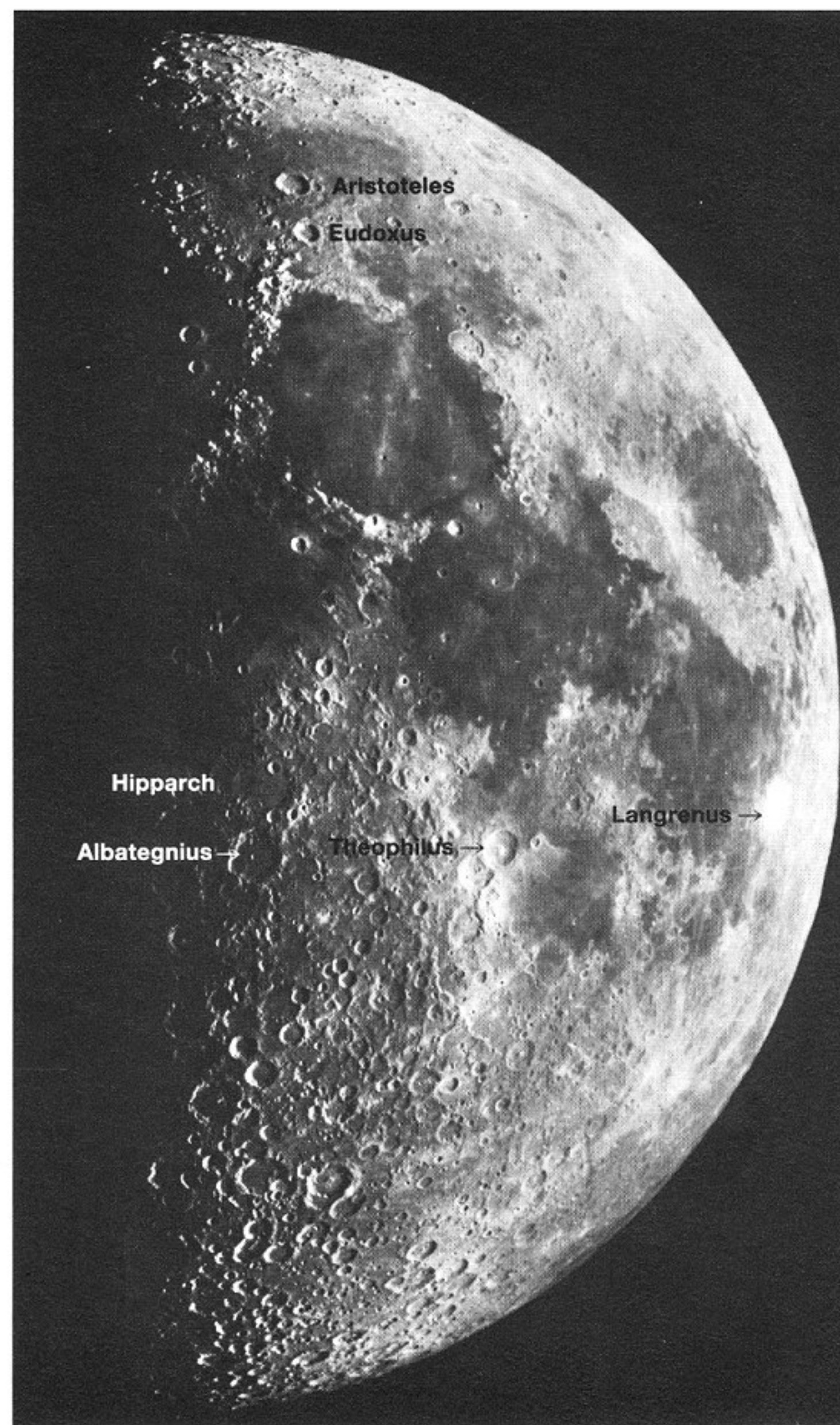
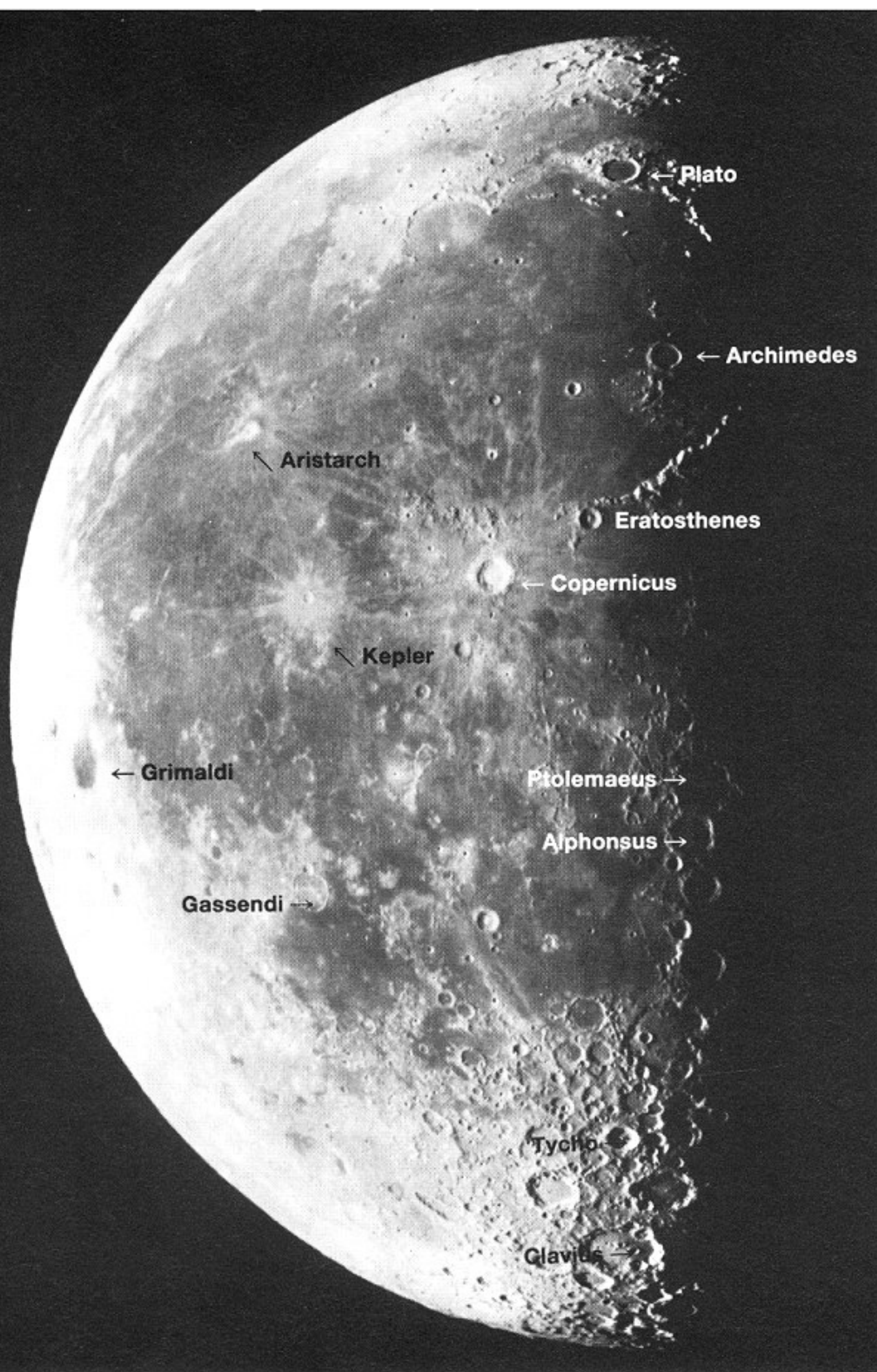
Deutlich erkennt man die dunklen Mondmeere (Mare) und helle Gebiete, in denen sich besonders viele Krater befinden. Auf der Mondrückseite fehlen die dunklen Meere fast völlig.

Allein auf der Vorderseite des Mondes

Was wissen wir heute über die Mondkrater?

kann man mit großen Fernrohren rund 30 000 Krater beobachten. Die größten haben Durchmesser von über 250 km, die kleinsten, die man von der Erde aus noch sehen kann, sind rund 400 m groß. Die Astronauten haben noch viel kleinere Krater entdeckt. Wir wissen heute, daß fast alle Mondkrater durch den Einschlag großer und kleiner Brocken aus dem All, sogenannter Meteorite, entstanden sind, die meisten schon vor rund 4 Milliarden Jahren.

Während auf der Mondvorderseite die Meere sofort auffallen, findet man auf der erdabgewandten Rückseite fast nur helle Kraterlandschaften. Man unterscheidet 3 Arten von Kraterformationen: Die kleinen Krater mit Durchmessern bis 20 km, die Ringgebirge (20 bis 100 km) und die Wallebenen (über 100 km). Viele Krater haben sogenannte Zentralberge. Die Wälle großer Krater erheben sich oft 3000–4000 m, in Ausnahmefällen bis zu 10 000 m über die innere Ebene. Da der Mond keine aktiven Vulkane, kein Wasser und keine Luft, also auch keinen Regen oder Sturm hat, bleiben die Krater jahrmilliardenlang fast unverändert



Oben: Die bekanntesten Mondkrater. Links: Eine typische Kraterlandschaft.

erhalten, während auf der Erde eine einmal gebildete Landschaft sehr rasch verändert oder zerstört wird.

Durchmesser und Wallhöhen einiger bekannter Krater

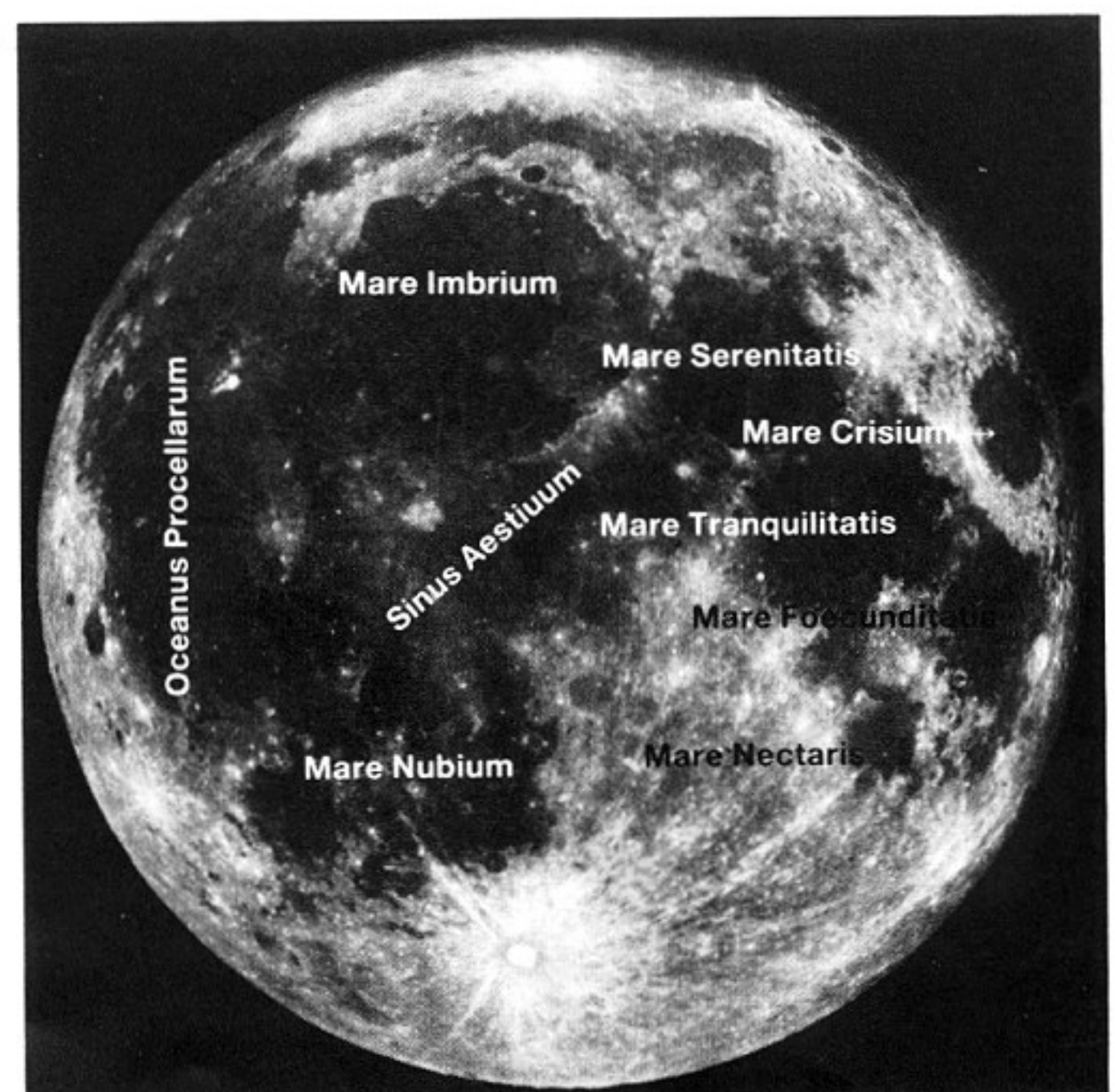
Name	Durchmesser (km)	Wallhöhe (m)
Archimedes	80	1 400
Aristoteles	100	7 500
Clavius	240	5 700
Copernicus	90	3 900
Grimaldi	200	3 000
Letrone	110	10 000
Theophilus	100	6 000
Tycho	85	3 800



Oben: Die Mondmeere bestehen aus erkaltetem Lavagestein. Rechts: Die wichtigsten Mondmeere.

Die schon mit bloßem Auge sichtbaren Flecken auf dem Mond wurden früher für Ozeane gehalten und Meere genannt. Heute wissen wir, daß der kleine Mond eine so geringe Anziehungskraft hat, daß er Wasser und Luft nicht festhalten kann, also nie große Ozeane besessen hat. Die Mondmeere (Mare-Gebiete oder Maria) sind riesige, völlig trockene Flächen aus dunklem Lavagestein. Diese Lava ergoß sich

Was versteht man unter Mondmeeren?



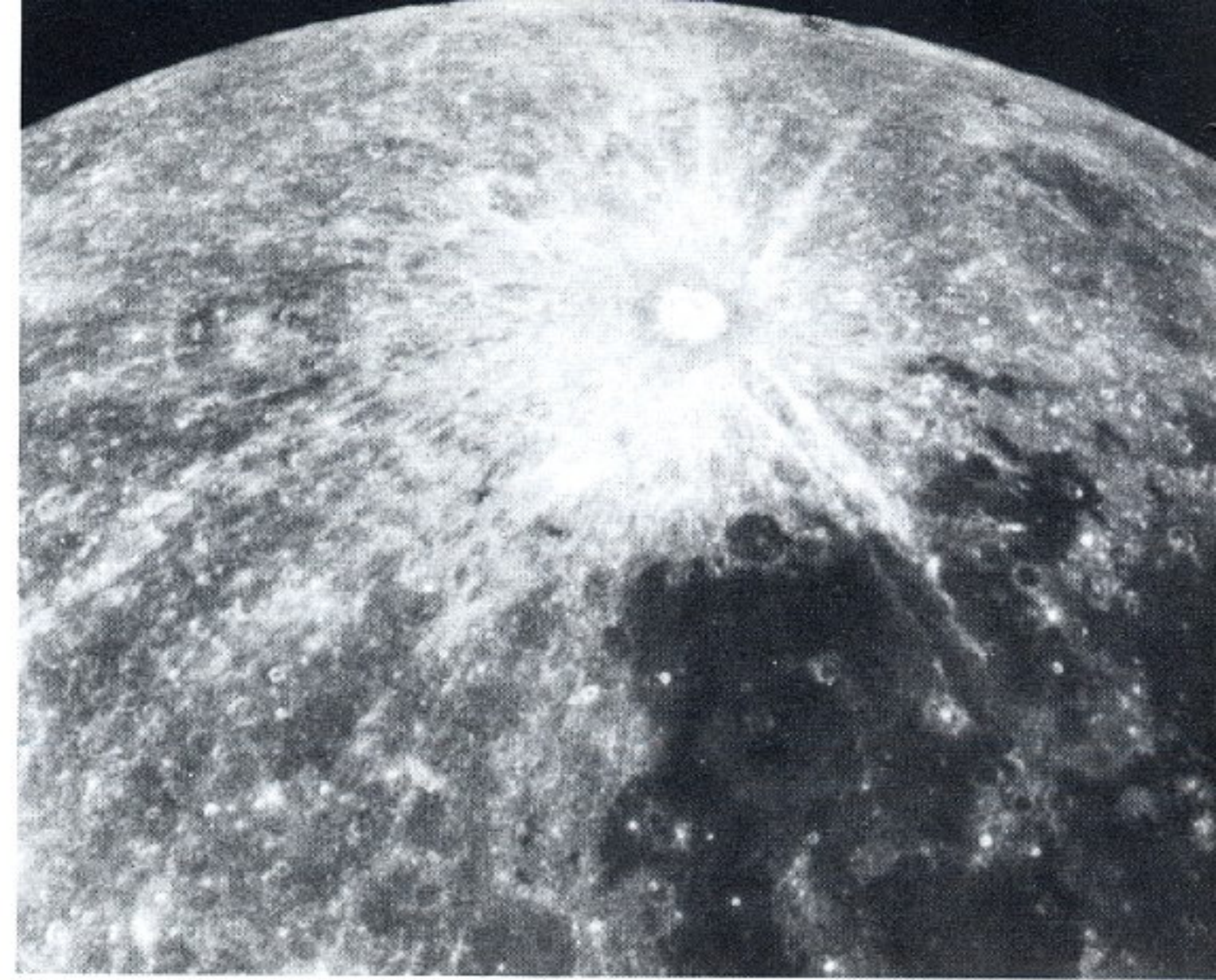
vor vielen Milliarden Jahren über die kraterreiche, weiße Mondoberfläche und deckte sie teilweise zu. Danach erkalten die Lavamassen. Da es nun aber nicht mehr so viele Meteorite wie früher gab, wurden die Mondmeere nur selten von einem großen Geschoß aus dem Weltall getroffen, so daß diese dunklen Gebiete sehr viel weniger Krater haben, als die älteren weißen Landschaften. Die Mondmeere haben lateinische Namen, zum Beispiel Mare Tranquillitatis, was so viel wie Meer der Ruhe heißt.

Die Namen der Mondmeere

Mare Orientale	Östliches Meer
Oceanus Procellarum	Ozean der Stürme
Mare Cognitum	Bekanntes Meer
Mare Imbrium	Regenmeer
Mare Nubium	Wolkenmeer
Mare Humorum	Meer der Feuchtigkeit
Mare Serenitatis	Meer der Heiterkeit
Mare Tranquillitatis	Meer der Ruhe
Mare Nectaris	Honigmeer
Mare Foecunditatis	Meer der Fruchtbarkeit
Mare Vaporum	Meer der Dünste
Mare Crisium	Meer der Gefahren
Mare Smythii	Smith-Meer
Mare Marginis	Randmeer
Mare Undarum	Wellenmeer
Mare Spumans	Schäumendes Meer
Mare Moscoviense	Moskaumeer
Mare Ingenii	Meer der Begabung
Mare Australe	Südliches Meer
Mare Frigoris	Meer der Kälte
Mare Humboldtianum	Humboldtmeer
Sinus Iridum	Regenbogenbucht
Sinus Roris	Taubucht
Sinus Aestuum	Bucht der Fluten
Sinus Medii	Bucht der Mitte
Palus Putredinis	Sumpf der Fäulnis
Lacus Somniorum	See der Träume
Lacus Mortis	See des Todes
Palus Epidemiarum	Sumpf der Krankheiten

Von einigen Kratern verlaufen helle Strahlen radial nach außen, zum Beispiel bei Tycho, Copernicus und Kepler. Insgesamt kennt man etwa 60 solche Strahlenkrater. Einige Strahlen sind über 1000 km lang und

Was sind Strahlenkrater?



Vom Krater Tycho gehen helle Strahlen aus.

mehrere Kilometer breit. Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Strahlen um hellen Staub, der beim Aufprall eines Meteoriten nach außen geschleudert wurde.

Neben den runden Kraterwällen gibt es

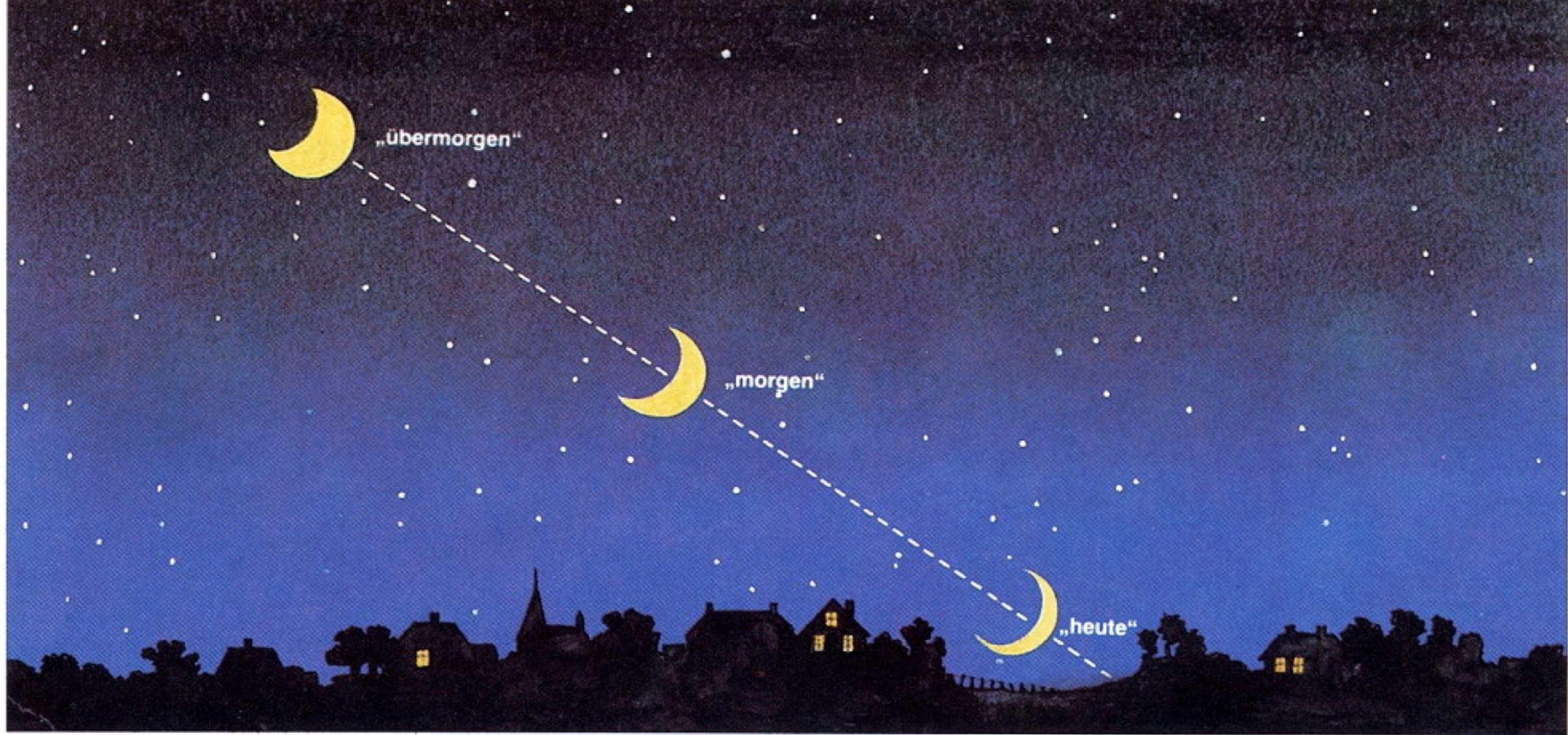
Gibt es auch Gebirge auf dem Mond?

auf dem Mond auch langgestreckte Kettengebirge. Sie erhielten die Namen bekannter irdischer

Gebirgsmassive wie Karpaten, Apenninen oder Alpen. Außer dem Namen haben die Mondberge jedoch wenig mit den Gebirgen auf unserem Planeten gemeinsam. Sie sind nicht durch Auffaltung entstanden, sondern Ränder gewaltiger Einschlagsbecken. Die größte Spannweite haben die Apenninen mit

Das Kettengebirge der Apenninen.





Jeden Tag steht der Mond bei anderen Sternen und nimmt ab oder zu.

über 1000 km. Ihre höchsten Berggipfel überragen die umliegenden Täler um 6500 m. Einige andere Mondberge sind sogar über 10 000 m hoch. Neben Kratern und Gebirgsketten findet man auch lange Rillen und Täler auf der Mondoberfläche.

Auch ohne optische Hilfsmittel sieht

Was kann man mit bloßem Auge auf dem Mond erkennen?

man die Mondmeere ganz deutlich. Oft bezeichnet man sie als Mondgesicht. Außerdem kann man

von Tag zu Tag verfolgen, wie der Mond zu- oder abnimmt, und daß er jede Nacht bei anderen Sternen steht, da er sich ja auf seiner Bahn um die Erde an den Sternen vorbei bewegt. Ist die Mondsichel sehr schmal, so kann man

den restlichen, von der Sonne noch nicht beleuchteten Mondteil oft im „aschgrauen Licht“ beobachten. Es handelt sich hier um Licht, das von der Erde auf den Mond fällt und die an sich dunklen Landschaften aufhellt. Manchmal kann man auch mit bloßem Auge sehen, daß der Mond einen hellen Stern oder Planeten bedeckt. Man nennt so ein Ereignis eine „Sternbedeckung“.

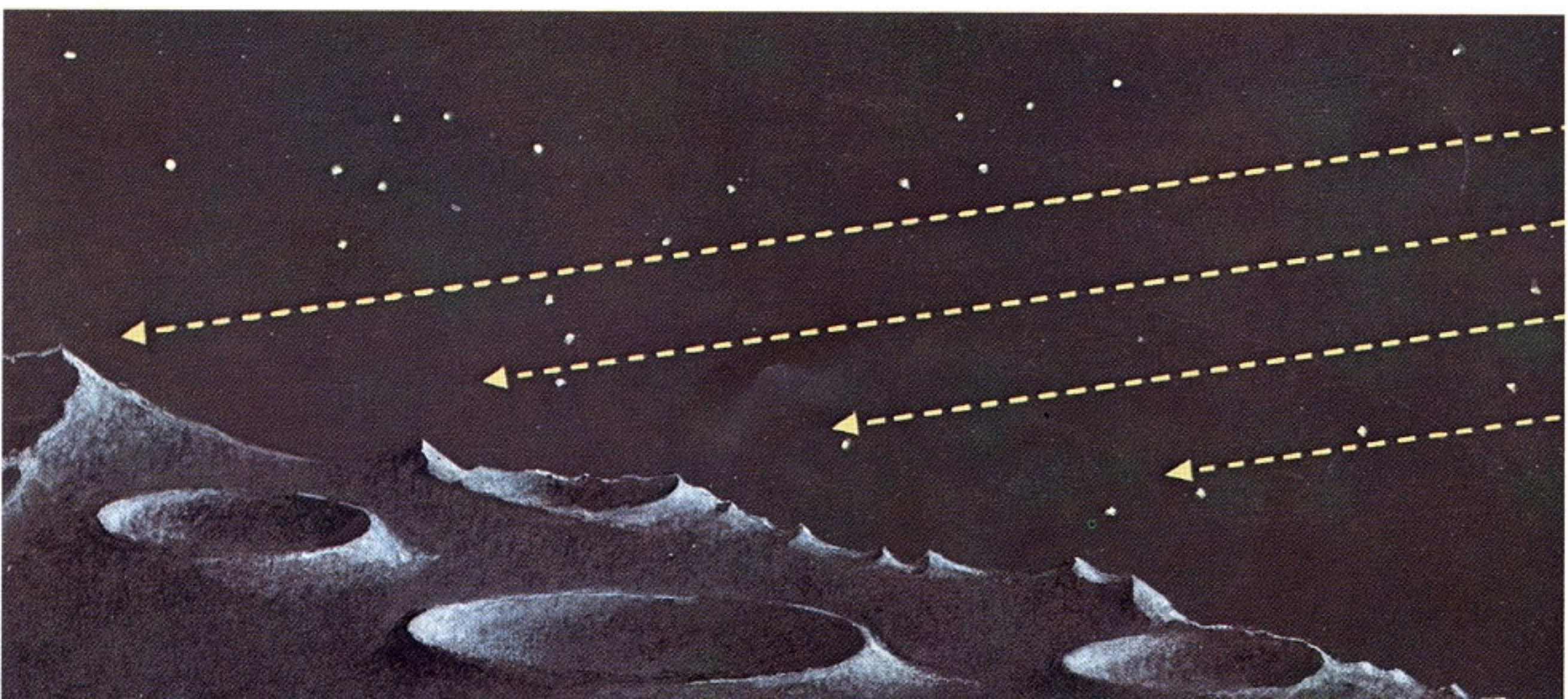
Selbst mit einem bescheidenen Feld-

Lohnt es sich, mit einem Fernglas den Mond zu beobachten?

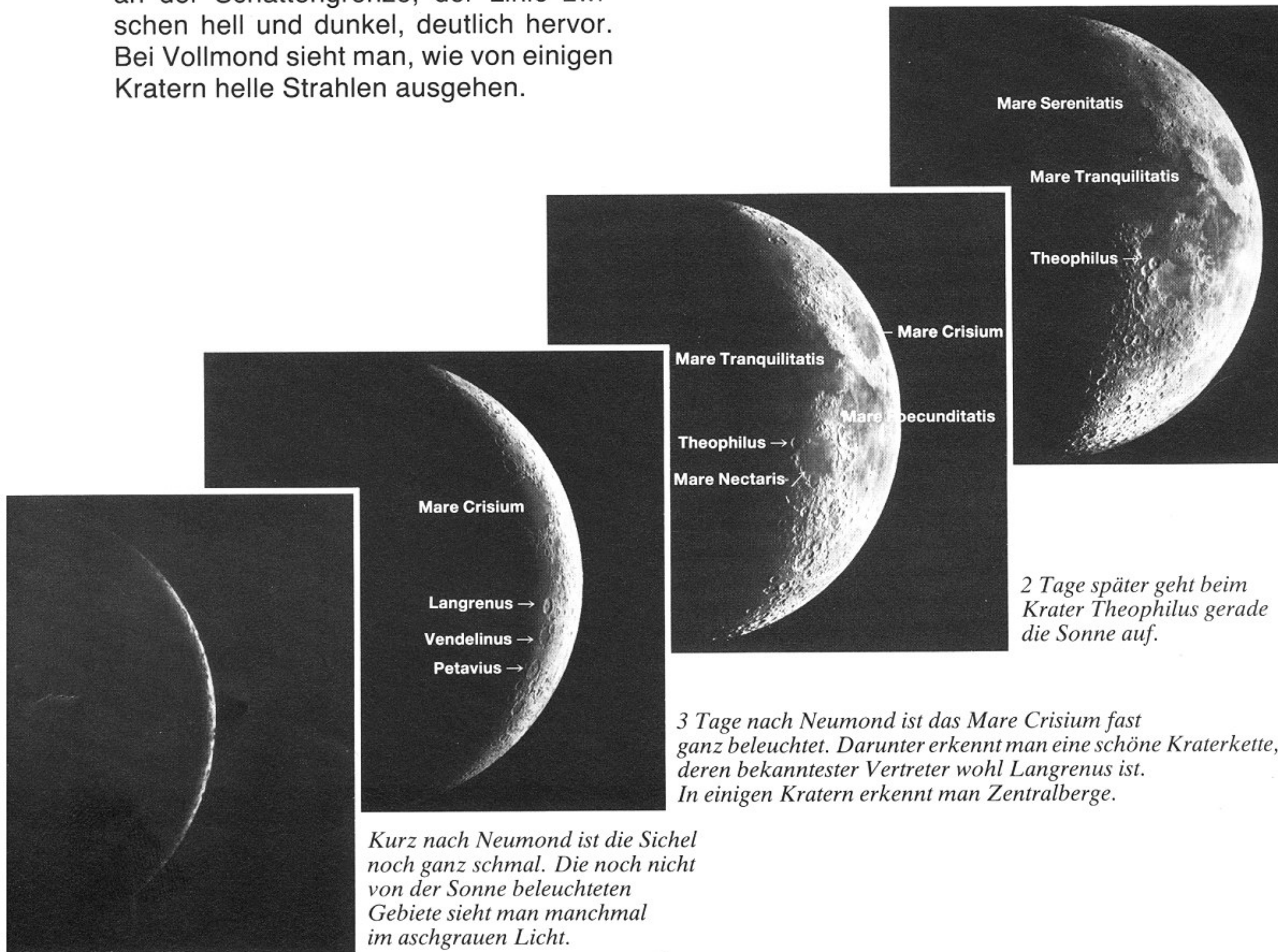
stecher sieht man auf dem Mond schon viele interessante Details. Zum Beispiel erkennt man ganz

deutlich die genauen Grenzen der Meere, und wenn man das Fernglas aufstützt oder auf einem Stativ befestigt,

Hier ist gerade die Sonne aufgegangen. Sie steht so schräg, daß sie den Kraterboden nicht beleuchten kann.



kann man auch die größten Krater beobachten, besonders bei über zehnfacher Vergrößerung. Besonders bei zu- oder abnehmendem Mond treten die Krater an der Schattengrenze, der Linie zwischen hell und dunkel, deutlich hervor. Bei Vollmond sieht man, wie von einigen Kratern helle Strahlen ausgehen.



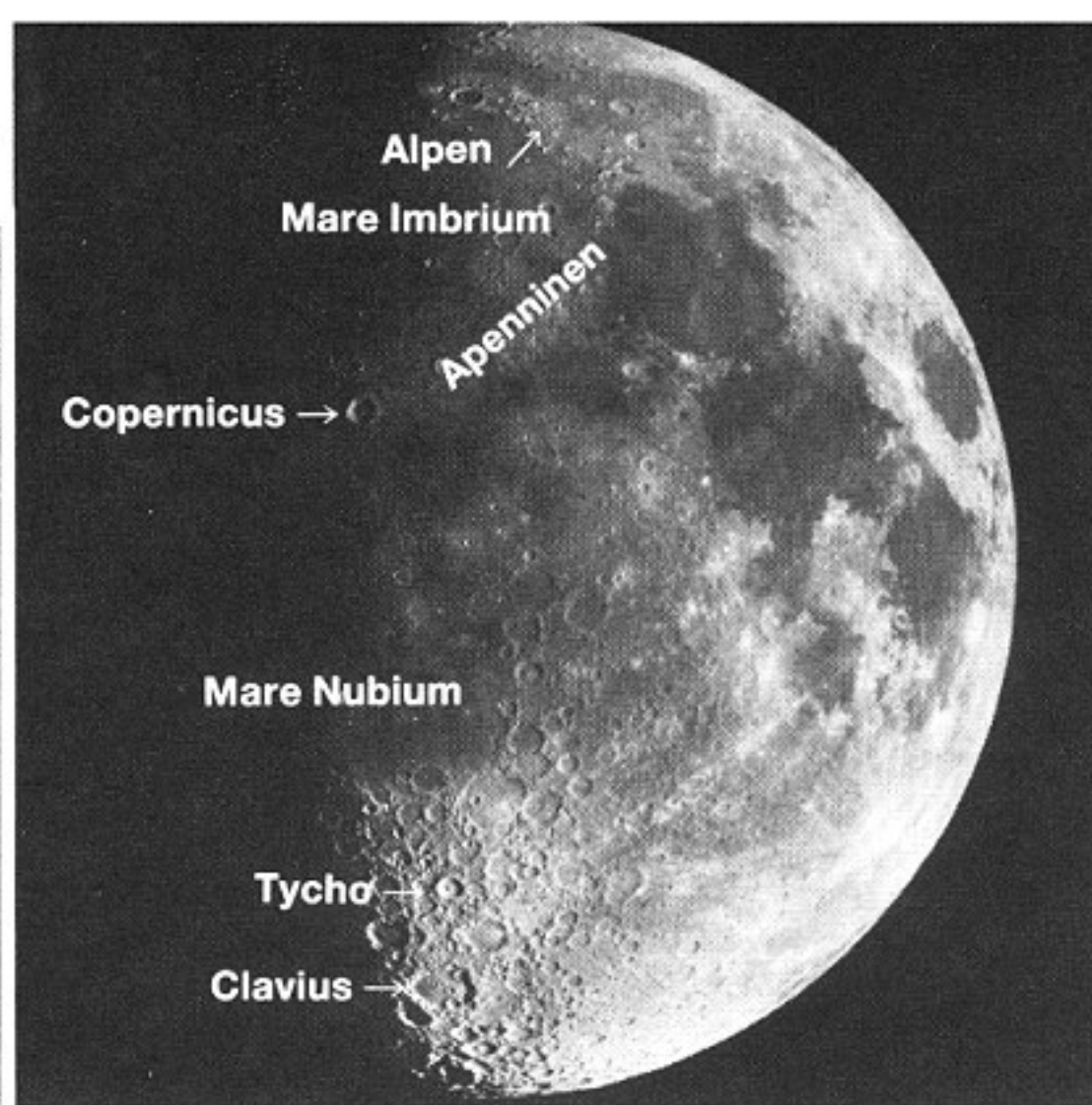
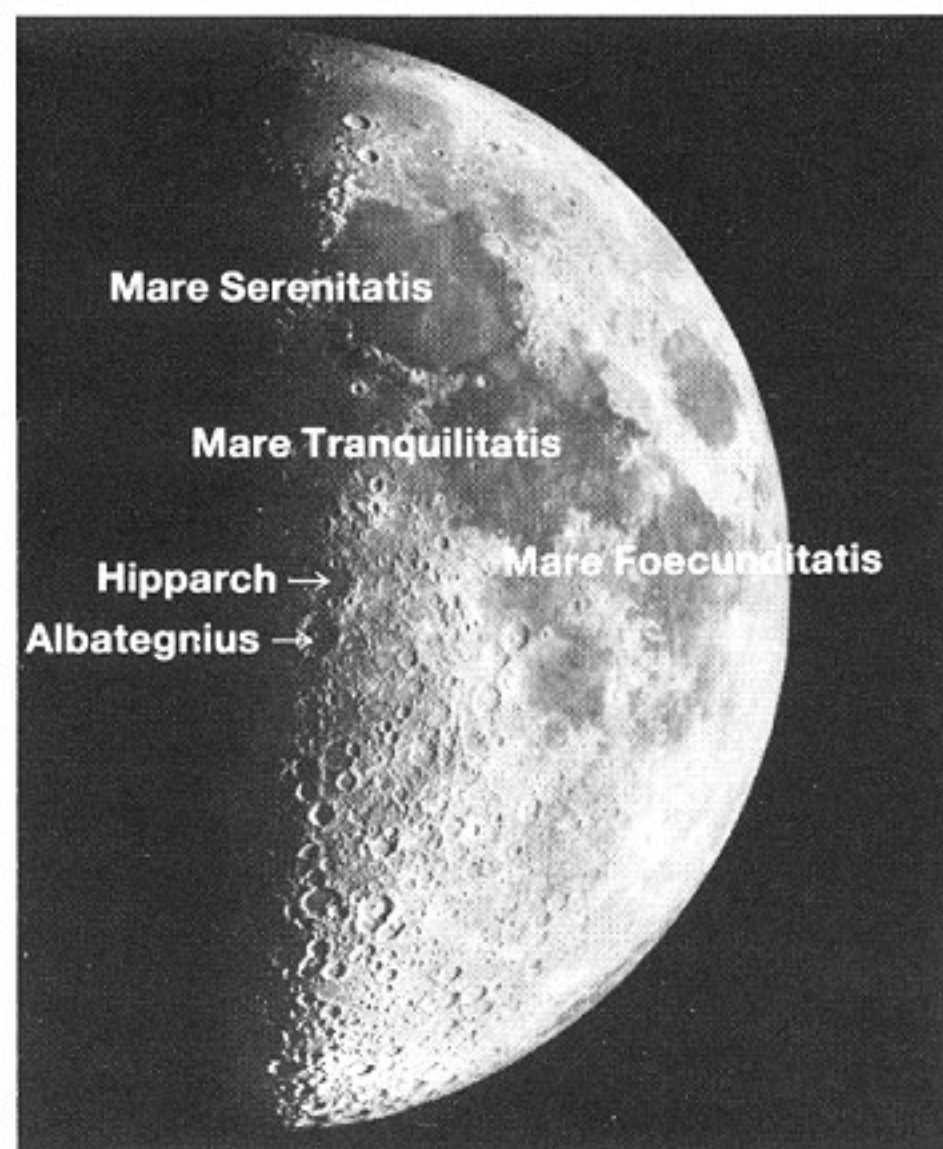
Auch ein kleines Amateurfernrohr er-

Was kann man mit einem Fernrohr auf dem Mond erkennen?

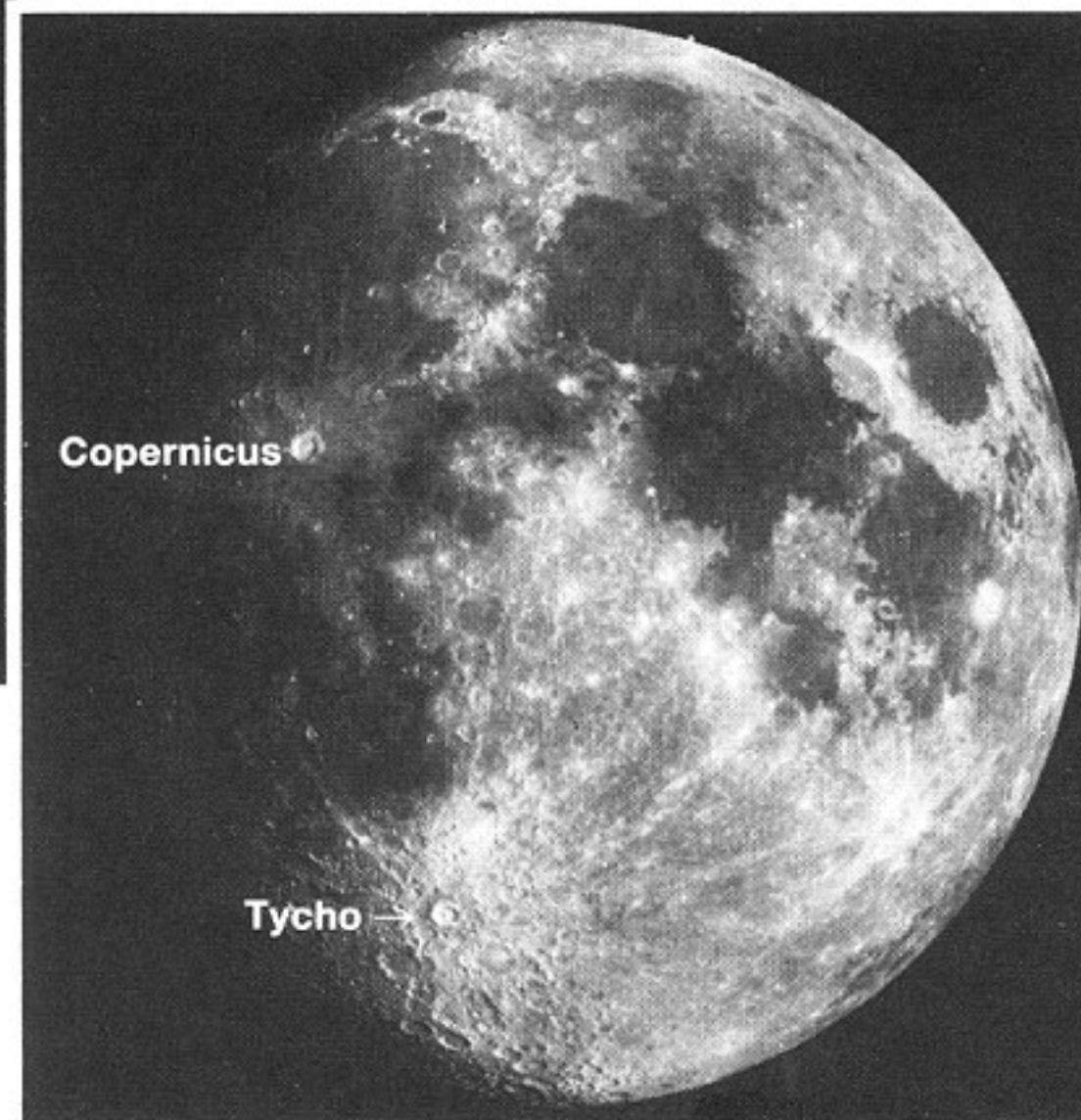
möglicht einen überraschend guten Einblick in die Wunderwelt der Mondlandschaften. Eine 40- bis 80fache Vergrößerung reicht voll aus, hunderte von Details zu erkennen, besonders die Mondkrater. Um Freude an der Beobachtung zu haben, sollte man das

Fernrohr auf einem festen, soliden Stativ montieren.

Man kann den Mond am besten beobachten, wenn er zu- oder abnimmt, also nicht etwa bei Vollmond. An der Grenze zwischen hell und dunkel, der Schattengrenze, geht vom Mond aus gesehen die Sonne gerade auf oder unter. Sie kann dann wegen ihrer schrägen Stellung nicht in die Krater hineinscheinen. Der Kraterboden ist dunkel, der Rand dage-



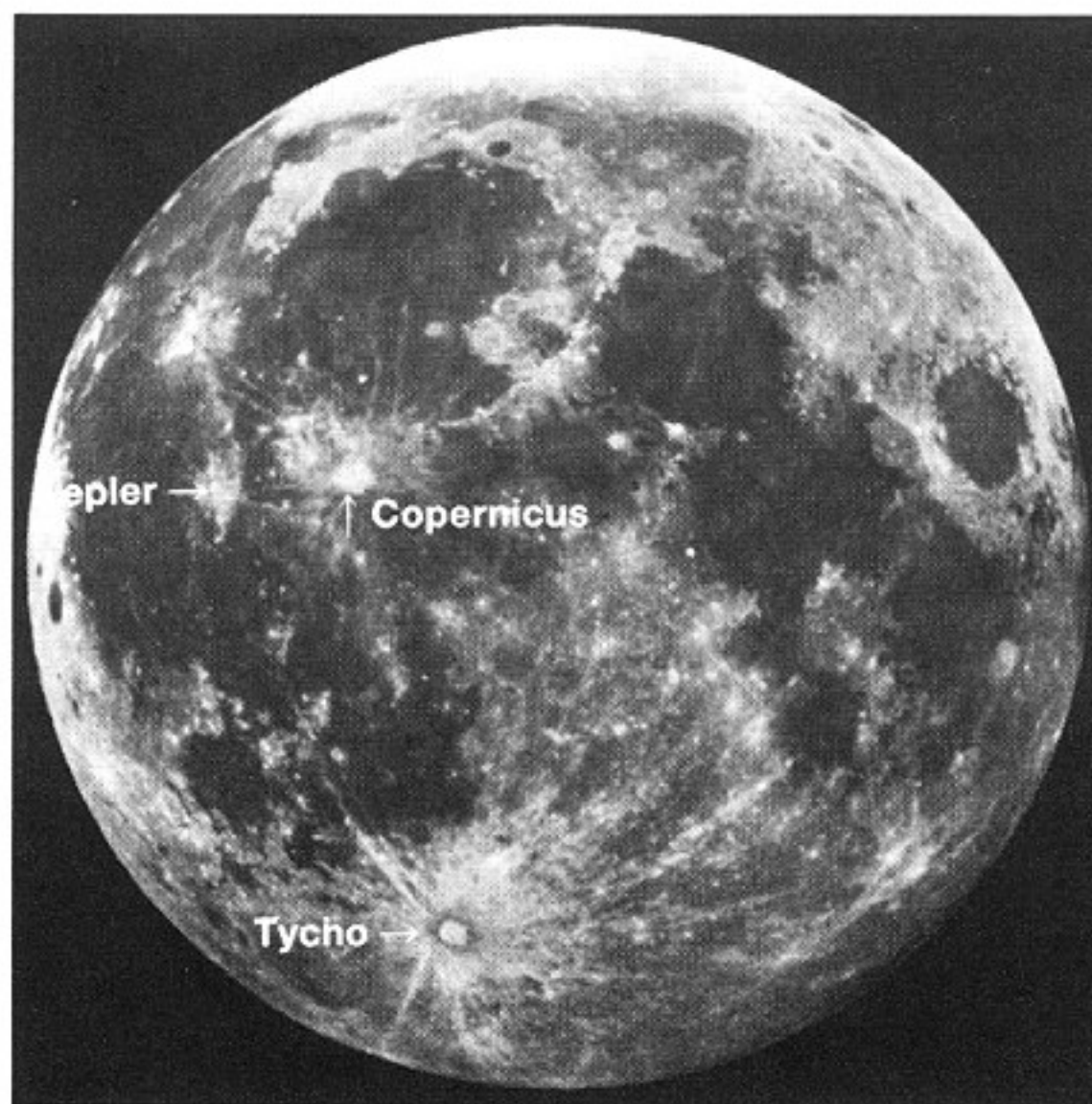
10 Tage nach Neumond ist ein ganz bekannter Krater an der Schattengrenze: Copernicus.



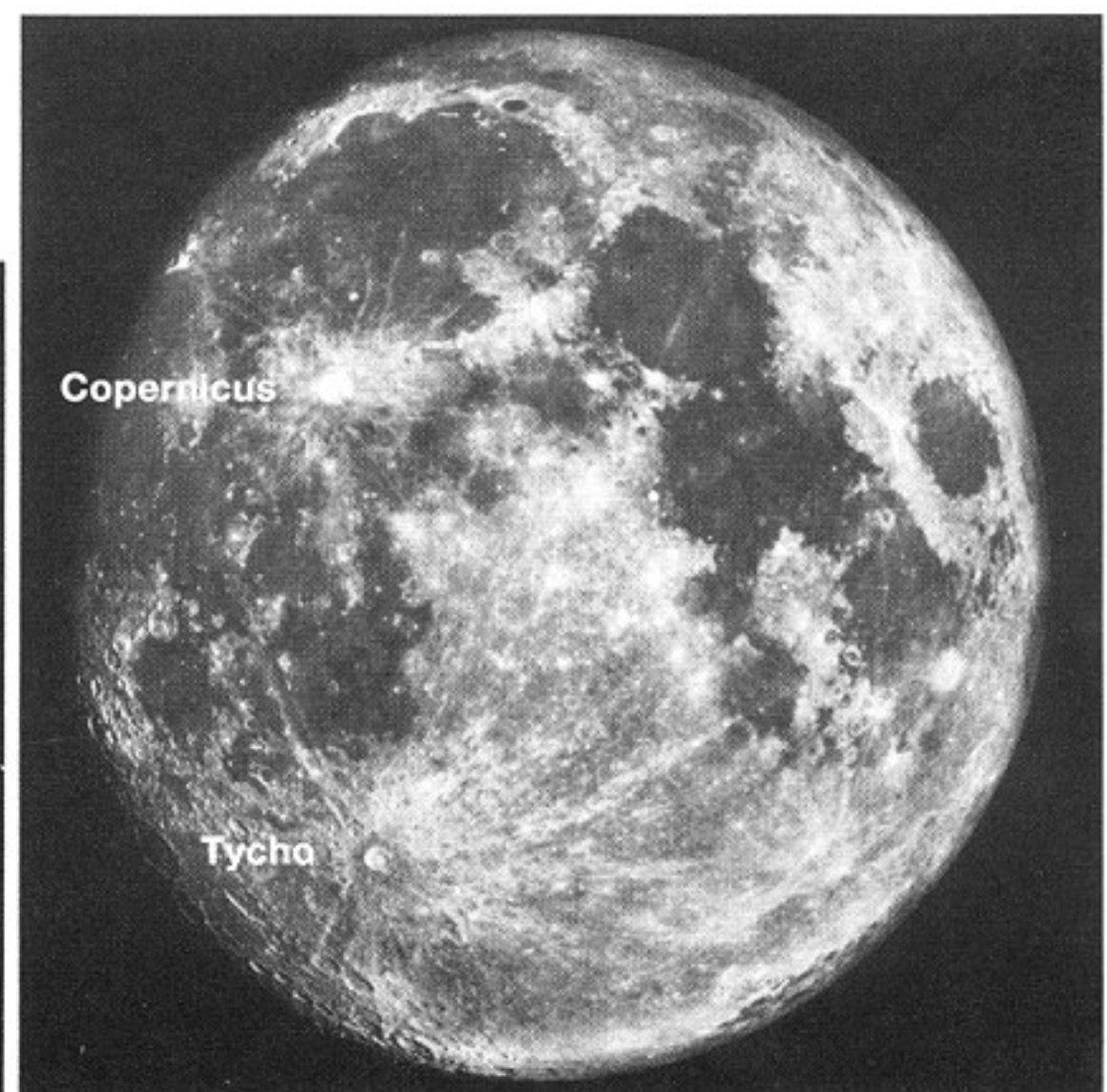
Eine Woche nach Neumond ist fast die Halbmondstellung erreicht. Man sieht die Krater Hipparch und Albategnius.

Einen Tag später sind Copernicus und Tycho viel deutlicher als vorher zu sehen.

Wieder einen Tag später ist der Krater Theophilus voll sichtbar. Man erkennt seinen Zentralberg.



Bei Vollmond kann man die Meere und Strahlensysteme gut, die Krater dagegen kaum erkennen.



Kurz vor Vollmond ist die Schattengrenze ganz links im Bild. Copernicus und Tycho zeigen ihre Strahlensysteme.

gen teilweise beleuchtet, so daß sich ein guter Kontrast ergibt.

Der Mond sollte, wenn wir ihn mit dem Fernrohr beobachten, möglichst hoch, also nicht sehr nahe am Horizont stehen, da sonst die Luftunruhe zu sehr bei der Beobachtung stört. Es lohnt sich, den Mond mit dem Fernrohr nicht nur einmal, sondern von Tag zu Tag zu beobachten. Jeden Abend ist die Schattengrenze bei anderen Kratern, die dann

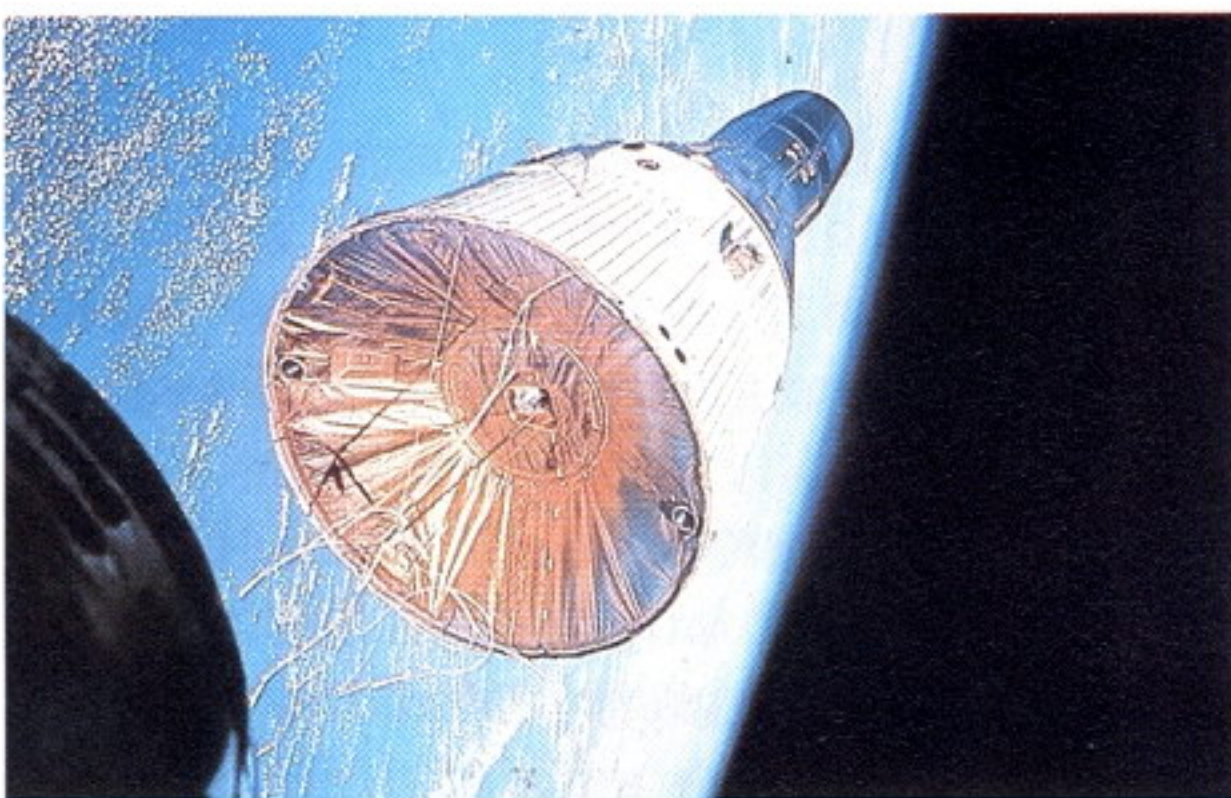
besonders gut zu erkennen sind. Bei Vollmond sieht man die Krater dagegen nur undeutlich, dafür kommen die hellen Strahlensysteme besonders gut heraus. Die Auf- und Untergangszeiten des Mondes, das Datum von Voll- oder Halbmond, aber auch besondere Ereignisse, wie Sternbedeckungen kann man astronomischen Jahrbüchern für Sternfreunde entnehmen, die für jedes Jahr neu gedruckt werden.

Der Flug zum Mond

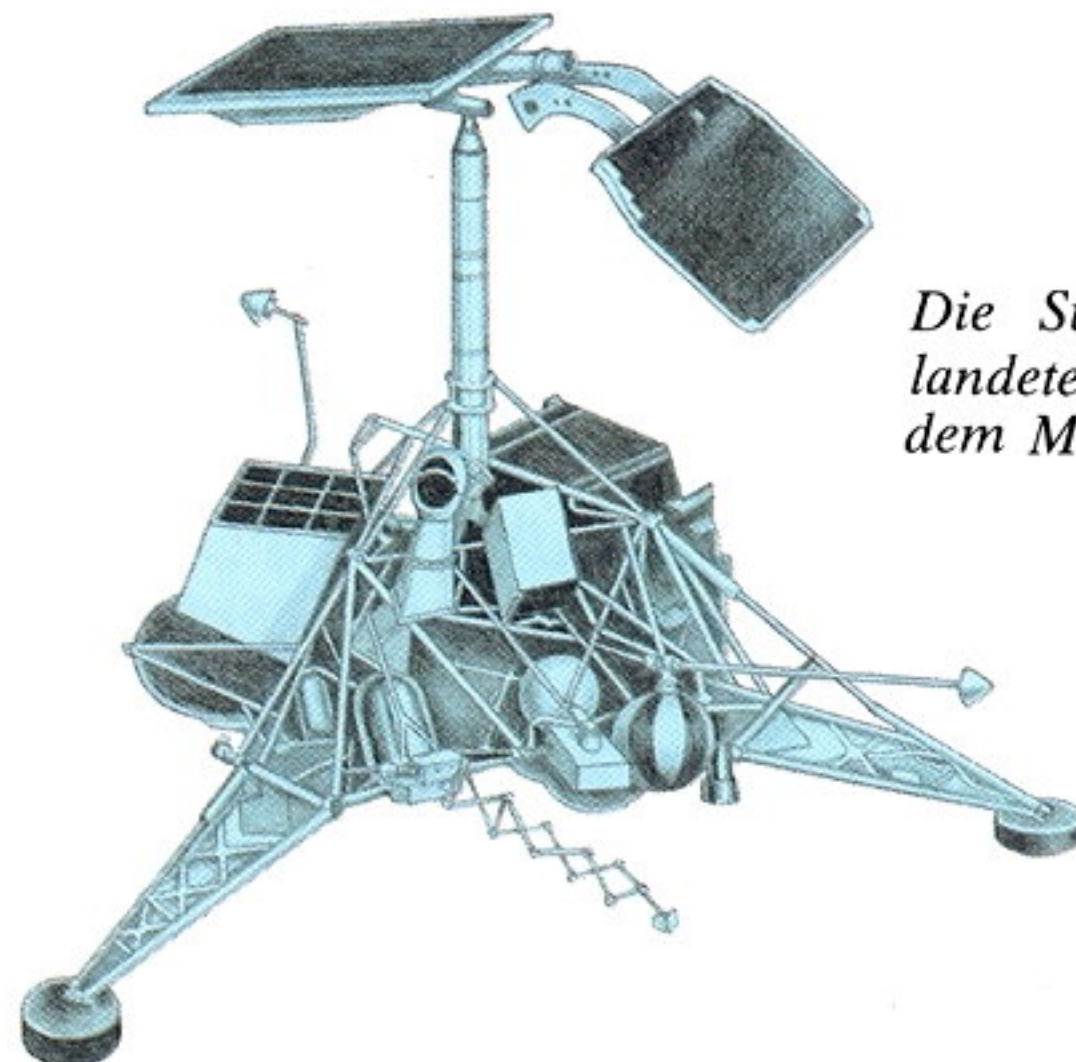
Welche Vorbereitungen waren für den Mondflug wichtig?

Das Leben auf der Erde besteht seit etwa 3 Milliarden Jahren. Ausgerechnet in unserem Jahrhundert gelang es dem Menschen, einem irdischen Lebewesen, zum ersten Male, unseren Heimatplaneten zu verlassen und einen fremden Himmelskörper zu besuchen. Bevor im Juli 1969 die ersten Astronauten zur Eroberung des Mondes aufbrachen, mußten viele Probleme durch unzählige Vorversuche gelöst werden. Man benötigte Raumfahrzeuge, die außerhalb der irdischen Lufthülle im Vakuum des Weltalls fortbewegt und sicher gesteuert werden können. Hierfür kam nur die Benutzung von Großraketen in Frage, die hocherhitzte Gase mit großer Geschwindigkeit nach hinten ausstoßen und sich durch den Rückstoß vorwärts bewegen. Man mußte klären, ob der Mensch im Weltall überhaupt überleben kann, insbesondere, ob er die Schwerelosigkeit aushält. Der Mondboden mußte untersucht werden, um festzustellen, ob eine Landung möglich ist. Schon bald nach dem erfolgreichen Start des ersten Erdsatelliten, des russischen Sputnik 1, umkreisten die ersten Menschen in Raumschiffen die Erde, zu-

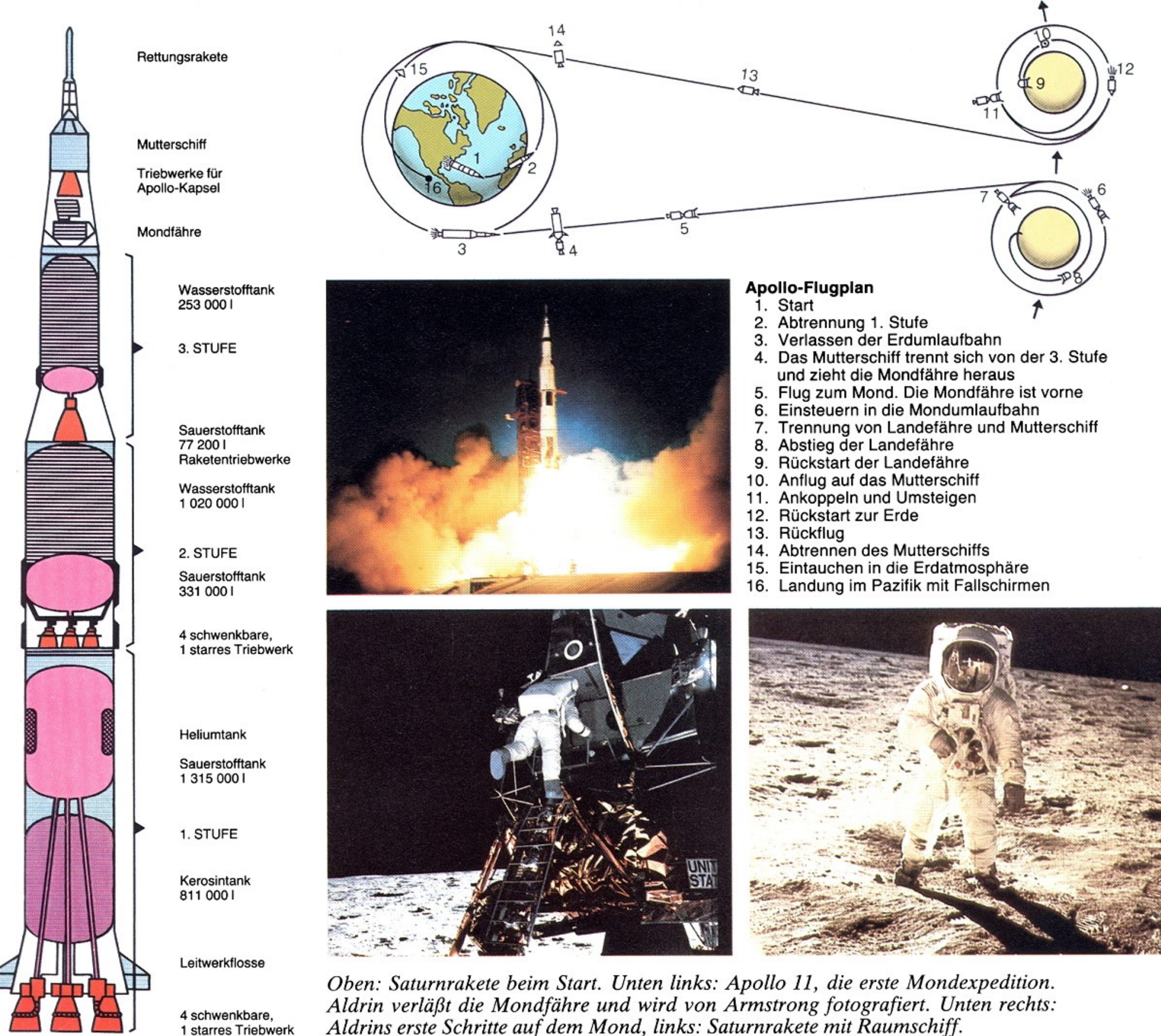
nächst stunden-, dann tagelang. Besonders bekannt wurden hierbei die amerikanischen Mercury- und Gemini-Programme. Sehr schnell stellte sich heraus, daß die Astronauten die Schwere- und Bewegungslosigkeit im Raumfahrzeug ausgezeichnet vertrugen. Ab 1959 begannen Rußland und Amerika ihre Fühler nach dem Mond auszustrecken. Am 12. 9. 1959 landete mit Lunik 2 die erste sowjetische Sonde hart auf dem Mond. Bereits 3 Wochen später funkte Lunik 3 die ersten, noch unscharfen Bilder von der bisher völlig unbekannten Mondrückseite zur Erde herunter. Sehr erfolgreich waren auch die amerikanischen Ranger-Sonden, die zwar hart auf dem Mond aufschlugen, jedoch vorher tausende von scharfen Aufnahmen zur Erde funkten. Die Lunar-Orbiter-Satelliten umkreisten den Mond und halfen mit ihren Funkbildern, eine komplette Mondkarte herzustellen und geeignete Landeplätze zu finden. Die Surveyor-Raumschiffe schließlich landeten ebenso wie einige russische Luna-Sonden weich und stellten nach und nach fest, daß eine bemannte Landung auf dem Mond möglich sein würde. Die ersten amerikanischen Apollo-Flüge dienten dem Test der für die Mondlandung vorgesehenen Raumschiffe. Inzwischen war auch die



Gemini-Raumschiff – ein erfolgreicher Vorläufer der Apolloflüge.



Die Surveyor-Sonden landeten weich auf dem Mond.

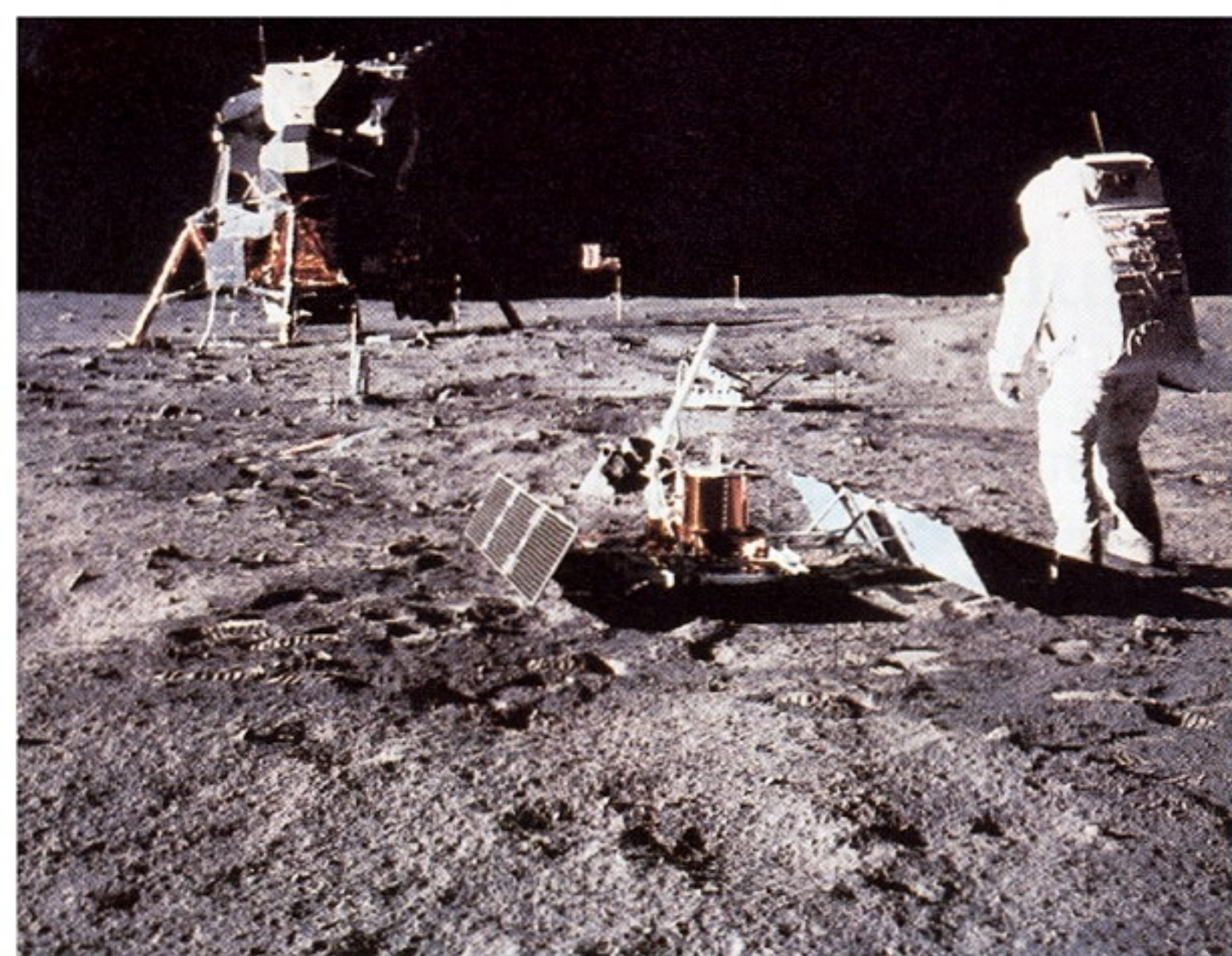


kirchturmhohe, dreistufige Saturn V-Rakete entwickelt und getestet, so daß dem Jahrhundertereignis Mondflug nichts mehr im Wege stand.

Über eine Million Schlachtenbummler hatten sich am 16. Juli 1969 am Cape Kennedy in Florida eingefunden, wo gerade die ersten Menschen, welche auf dem Mond landen sollten, in das Raumschiff Apollo 11 einstiegen. Selbst

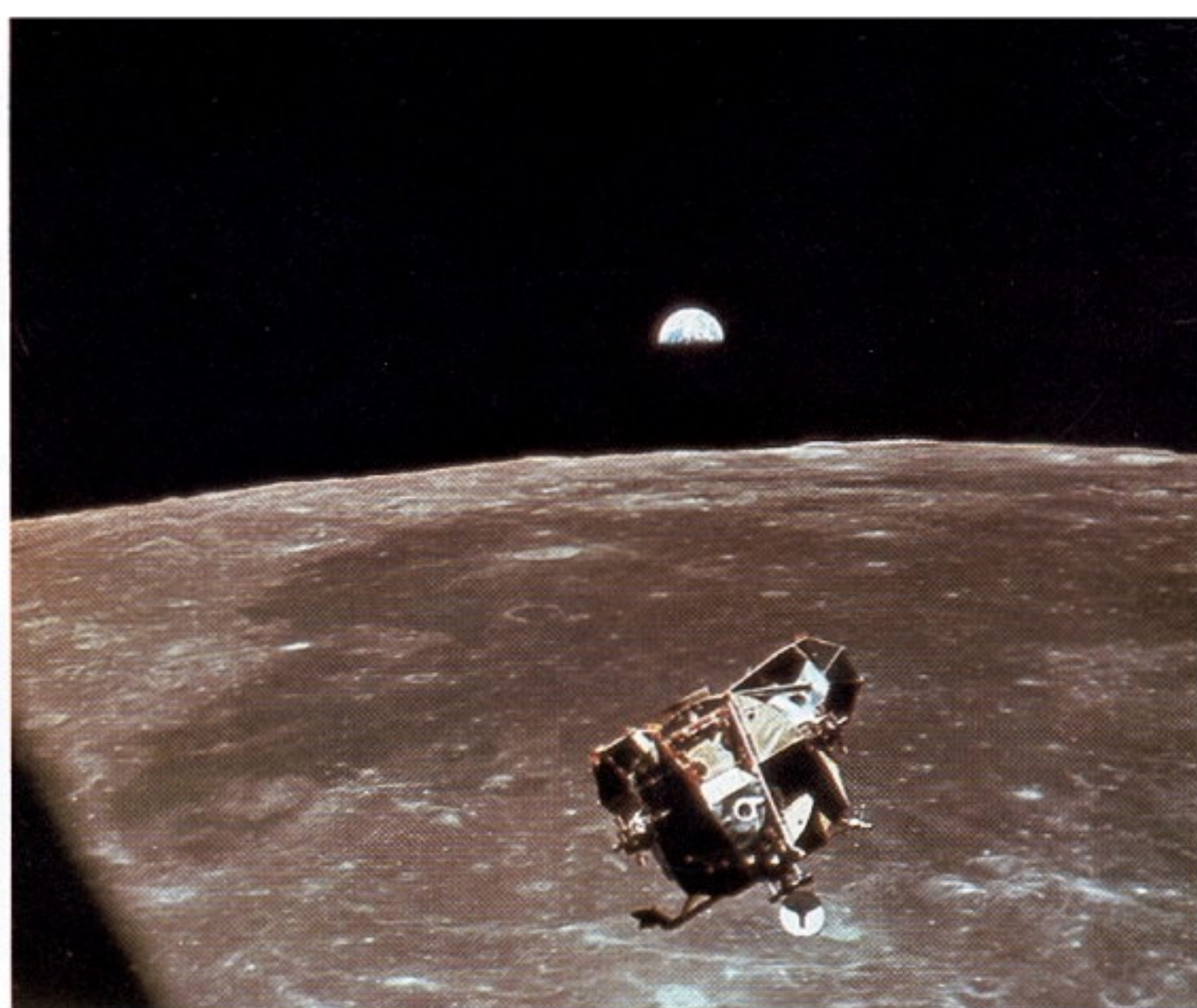
Wie verlief die erste Mondlandung?

die Sowjets, inzwischen im Wettlauf um den Mond längst abgeschlagen, hatten 6 Kriegsschiffe entsandt, um den Start zum Mond zu beobachten. 600 Millionen Fernsehzuschauer in aller Welt erlebten den Countdown für Apollo 11. Erinnern wir uns noch einmal an die erste Reise zum Mond:
Die letzten Sekunden werden gezählt – die Triebwerke der ersten, untersten Stufe der gewaltigen Saturn-Rakete beginnen zu feuern. Dann – um 14.32 Uhr MEZ – steigt die Rakete in den Himmel empor. Ein unbeschreiblicher Jubel



Aldrin in der Nähe der Mondfähre. Die Mondlandschaft wirkt grau, der Himmel ist tiefschwarz, da der Erdtrabant keine Lufthülle hat.

bricht aus! Ganz oben, in der Spitze der Rakete, wo die Kommandokapsel, auch Mutterschiff genannt, untergebracht ist, werden drei Astronauten durch die hohe Beschleunigung in ihre Liegen gepreßt: Neil Armstrong, der erste Mensch, der den Mond betreten soll, Edwin Aldrin und Michael Collins. Nach 2 Minuten 42 Sekunden zündet die zweite Stufe, 9 Minuten später sind die Astronauten mit Hilfe der 3. Stufe bereits in einer Erdumlaufbahn und empfinden das angenehme Gefühl der Schwerelosigkeit. Drei Stunden danach zündet das Triebwerk der 3. Stufe erneut, um Apollo 11 in die Flugbahn zum Mond zu schießen. 15 000 km von der Erde entfernt löst sich das eigentliche Raumschiff, die Kommandokapsel, von der 3. und letzten Raketenstufe, dreht sich und koppelt das Mondlandegerät an. Drei Tage später umkreisen die Raumfahrer den Mond in einer ellipsenförmigen, danach in einer Kreisbahn. Am 20. Juli klettern Armstrong und Aldrin in die Mondlandefähre und lösen diese vom Mutterschiff. Eine Stunde später beginnt der Mondanflug. Während die Kommandokapsel in 110 km Höhe um den Mond kreist, zünden Armstrong und Aldrin zweimal die Triebwerke der Landefähre „Eagle“. Ge-



Die Mondfähre nach dem Wiederaufstieg, kurz vor dem Ankoppeln ans Mutterschiff. Im Hintergrund die halbbeleuchtete Erde.

bremst durch den Feuerstrahl ihres Triebwerks sinkt die Fähre zum Mond hinab. Kurz vor der Landung greift Armstrong in die automatische Steuerung ein, da die Landefähre in einem ungeeigneten Gebiet zu landen droht. Er steuert diese zu einem idealen, topfebenen Landeplatz, wo sie rund 7 km vom vorausberechneten Ziel entfernt im Meer der Ruhe aufsetzt. Milliarden Menschen hören im Lautsprecher Armstrongs Stimme mit den erlösenden Worten: „The Eagle has landed“, was heißt: „Der Adler ist gelandet.“

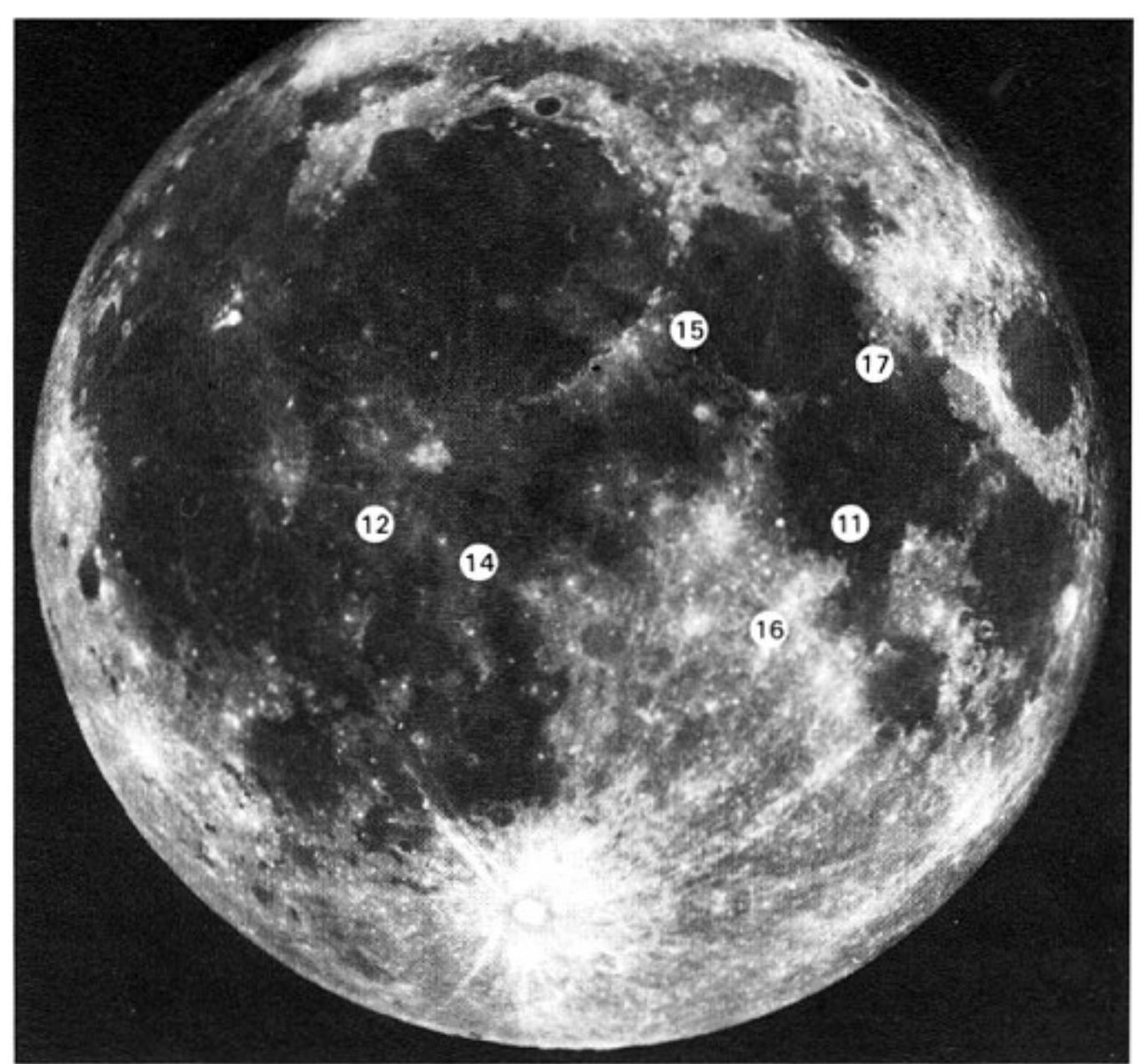
Am 21. Juli 3 Uhr 56 MEZ setzt er, nachdem er alle Systeme überprüft und den Raumanzug angelegt hat, seinen linken Fuß auf den Mondboden und sagt: „Dies ist ein kleiner Schritt für einen Mann, aber ein großer Schritt für die Menschheit!“ Zusammen mit Aldrin stellt er danach ein Sternenbanner und einige Meßgeräte auf und sammelt 22 kg Mondgestein ein. Nach zweistündigem Aufenthalt auf der Mondoberfläche kehren die beiden in die Mondfähre zurück, um 18.45 Uhr beginnt der Rückflug. Das Ankoppeln ans Mutterschiff, das Umsteigen, Abstoßen der Landefähre und schließlich die Rückkehr zur Erde gelingen wie geplant.

Nach Apollo 11 besuchten noch fünf

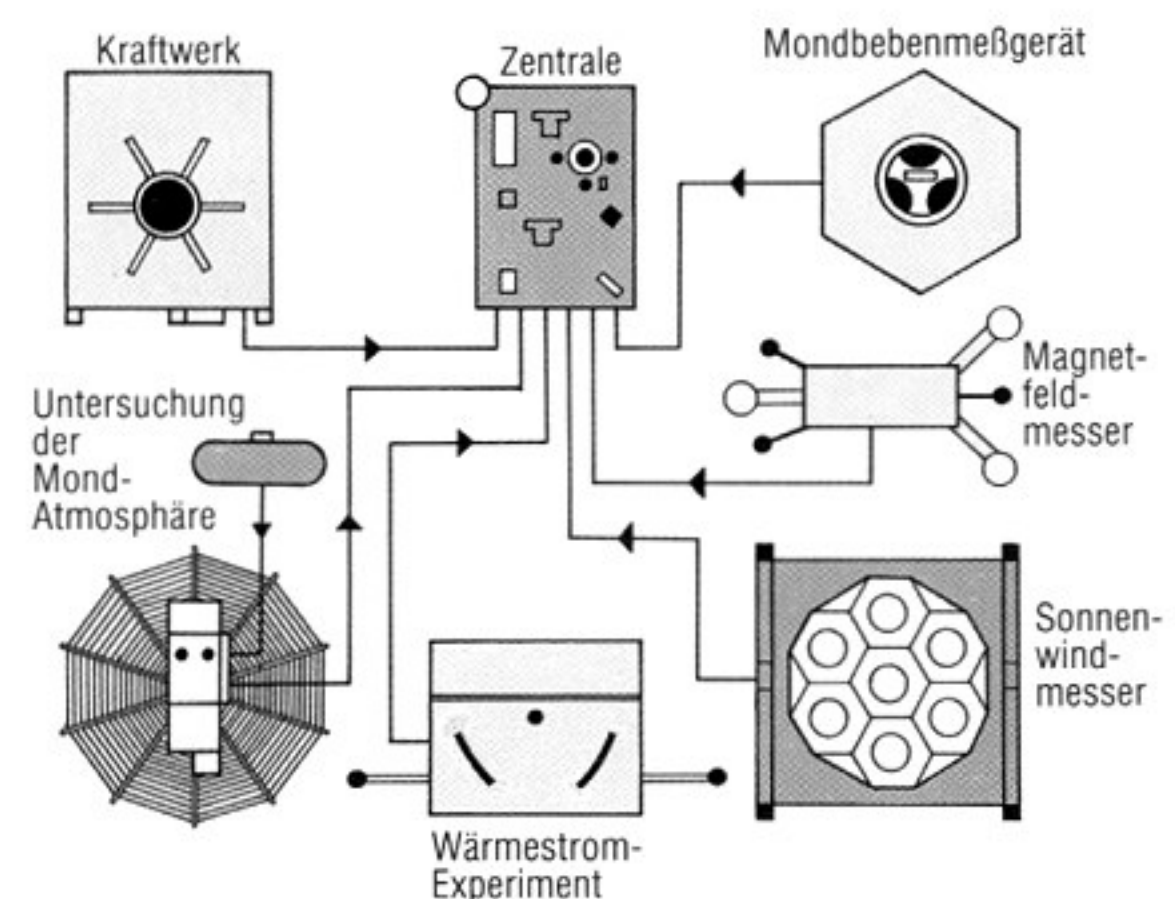
**Was brachten
die weiteren
Mond-
landungen?**

weitere amerikani-
sche Astronau-
tenteams den
Mond (Apollo 12,
14, 15, 16, 17).
Außerdem sand-

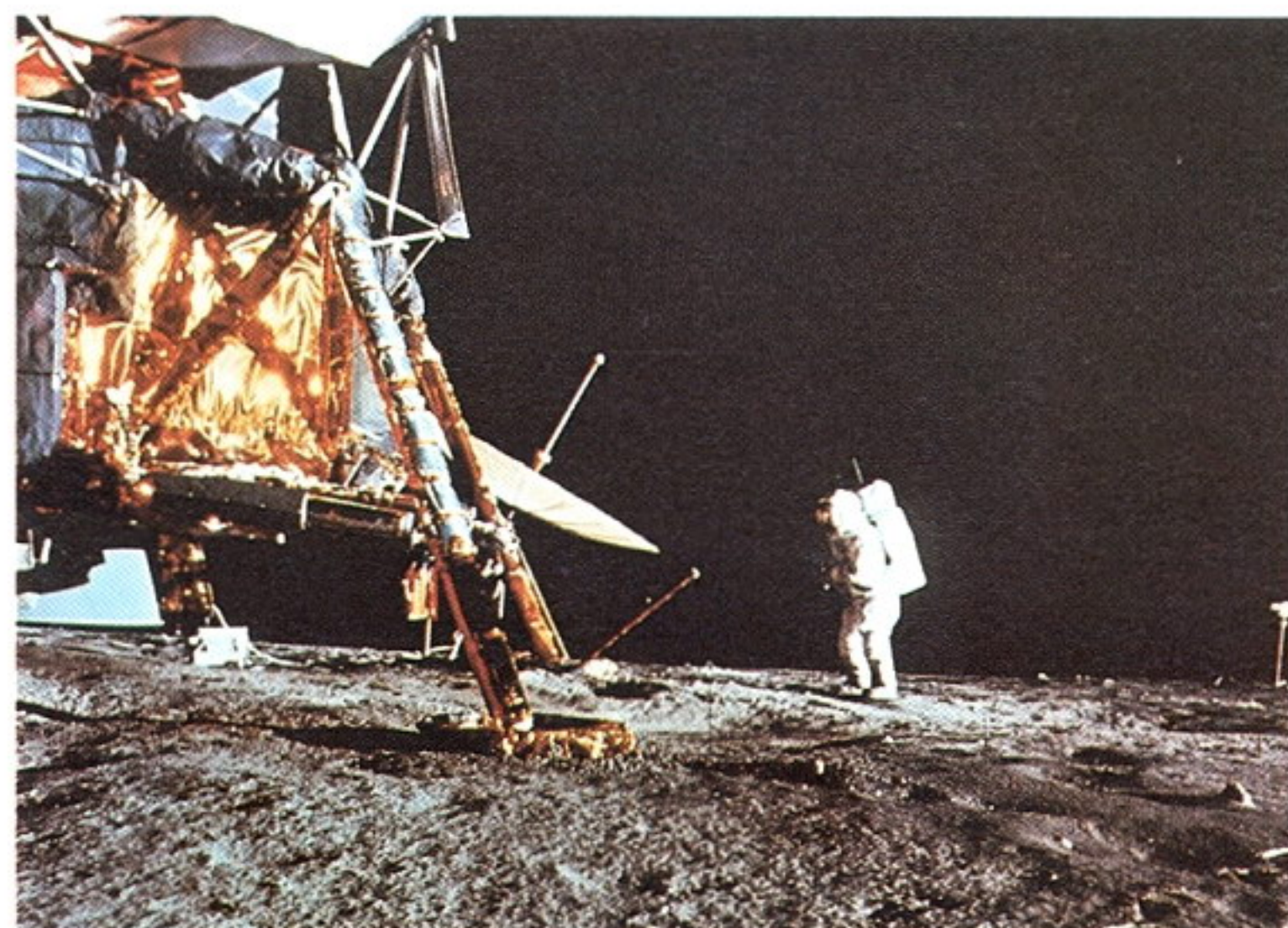
ten die Russen mehrere erfolgreiche un-
bemannte Sonden zum Erdtrabanten.
Da die Landungen in ganz unterschiedli-
chen Gegenden erfolgten, konnten
Mondsteine verschiedenster Art einge-
sammelt werden, die dann auf der Erde
untersucht wurden und ein lückenloses
Bild von der wechselvollen Geschichte
des Mondes lieferten. Immer komplizier-
ter wurden die Meßgeräte, immer weiter
die Ausflüge, die ab Apollo 15 mit einem
elektrisch angetriebenen Mondauto (Ro-
ver) durchgeführt wurden. Bald überzog
ein großes Netz von Forschungsstatio-
nen die Mondvorderseite. Viele Seismo-
meter, also Meßgeräte für echte oder
künstlich erzeugte Mondbeben, halfen,
das Mondinnere zu erforschen. Mit Re-
fektoren für Laserstrahlen wurde die je-
weilige Entfernung des Erdtrabanten ge-
nau festgelegt, Wärmeflußexperimente
beschäftigten sich mit dem Temperatur-
verlauf unter der Mondoberfläche. In
den Apollo-Raumschiffen wurden je-
doch auch Zukunftstechnologien er-
probt. Man untersuchte, inwieweit eine
Fabrikation von Stoffen im All möglich
ist, die auf der Erde wegen der dort wir-
kenden Schwerkraft nicht hergestellt
werden können. Zu erwähnen sind hier
äußerst reine, neuartige Medikamente
oder Impfstoffe, aber auch die Verarbei-
tung von Gußmetallen und Kristallen.
Auch die bei den Apollo-Flügen gesam-
melte Erfahrung mit der Mikroelektronik,
der Computertechnik, mit neuen Werk-
stoffen und dem Zusammenwirken von
20 000 Universitäten, Forschungsinsti-
tuten und Firmen mit über 400 000 Be-
schäftigten kamen der Menschheit spä-
ter tausendfach zugute.



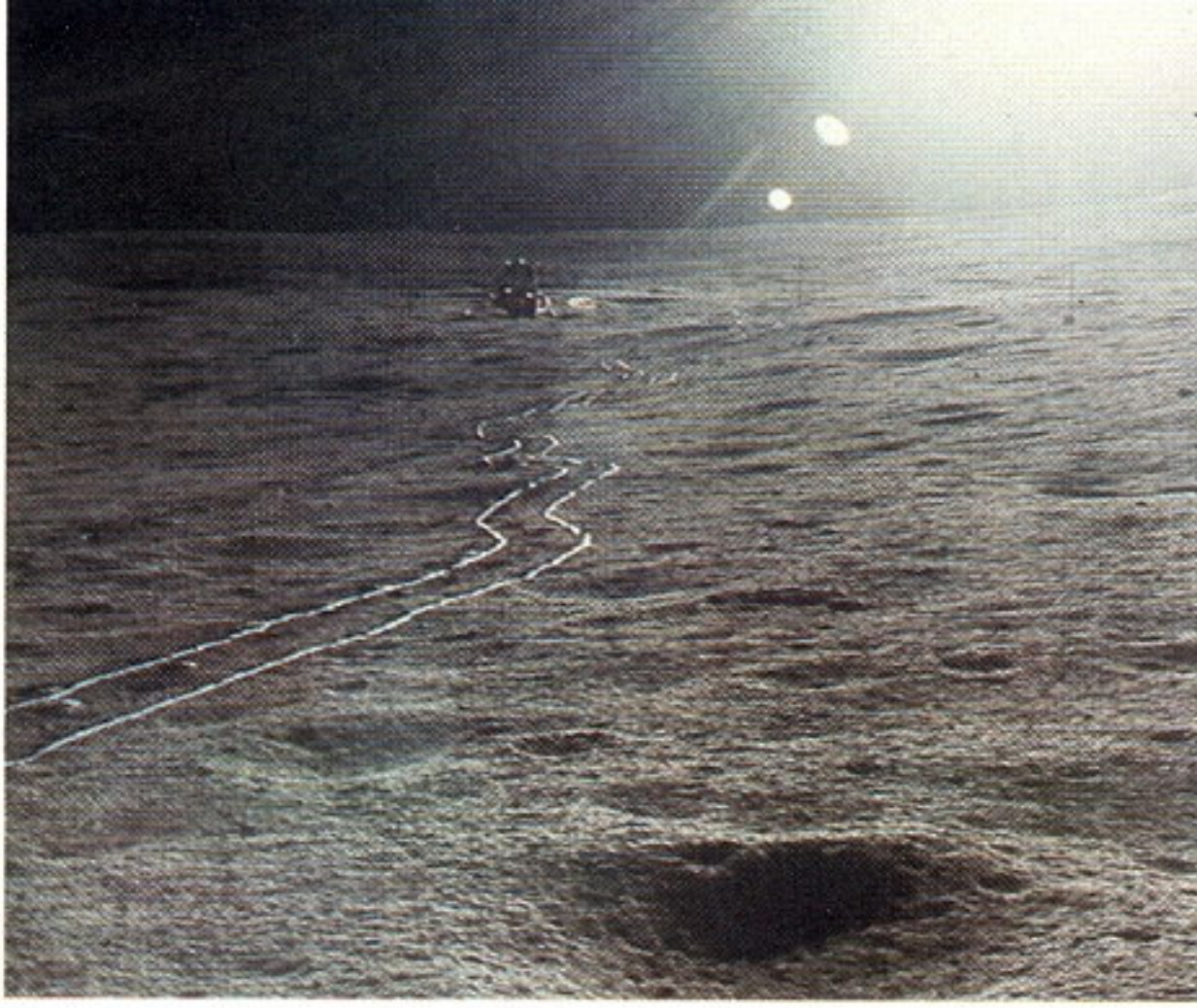
Die Apollo-Landeplätze.



Apollo-Meßstation ASEP.



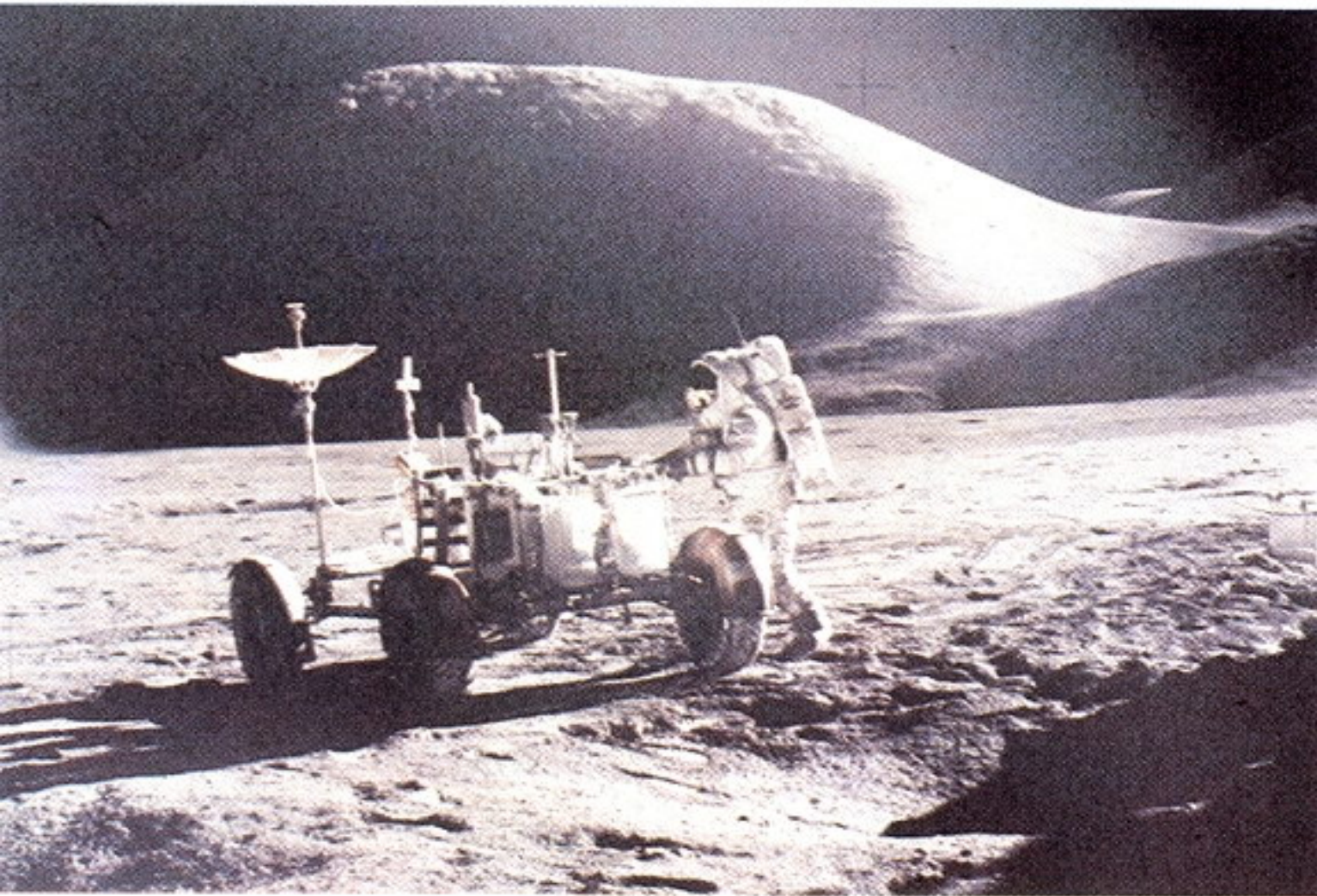
Apollo 12. Die Mondfähre im „Ozean der Stürme“. Von rechts nach links: die Fernsehkamera, ein Astronaut im Raumanzug, die regenschirmförmige, zur Erde gerichtete Antenne und die Mondfähre. Deutlich sieht man die Fußspuren der Astronauten im Mondstaub.



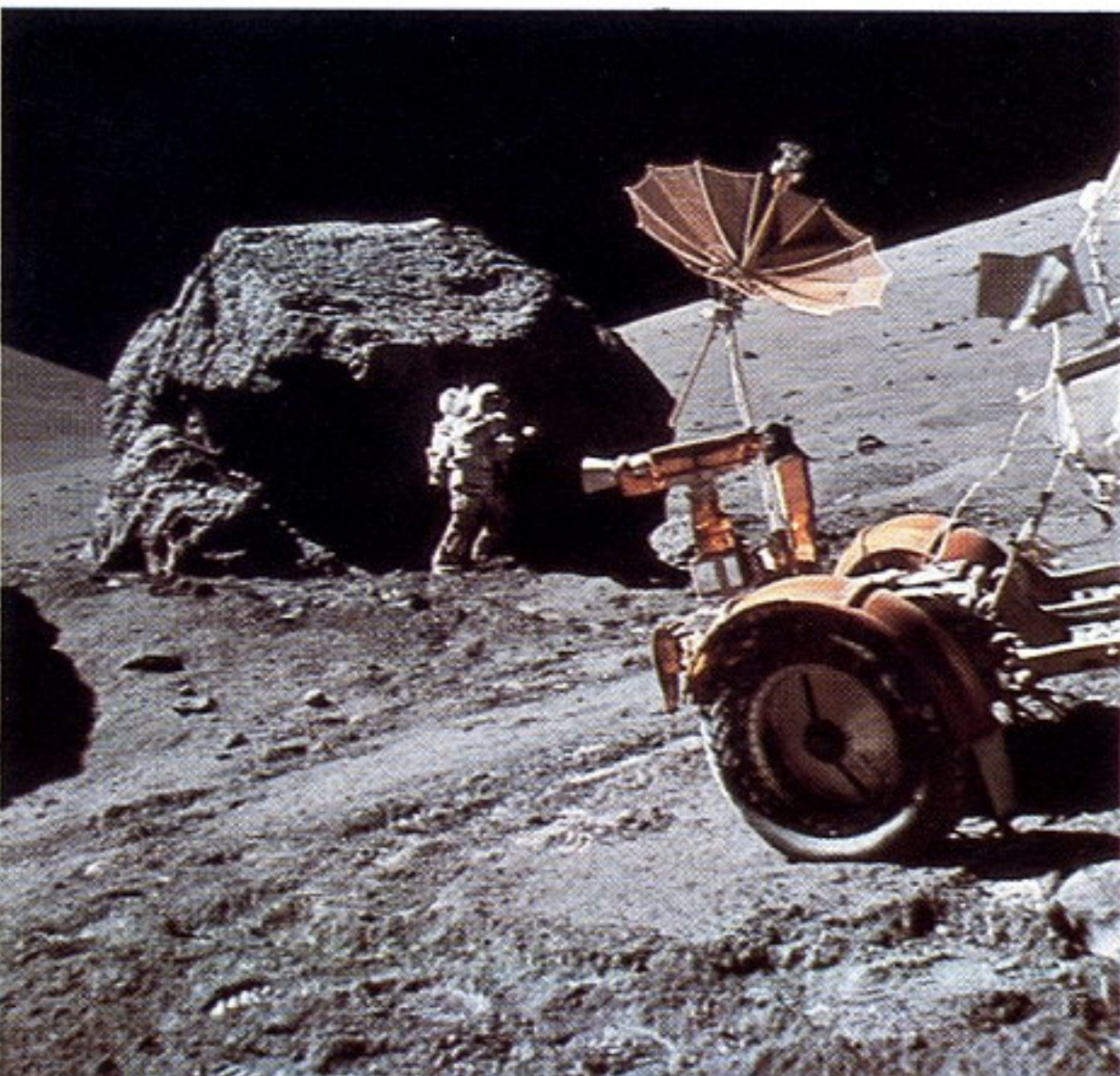
Apollo 14. Die Mondfähre aus der Sicht der Astronauten während eines Ausflugs. Die Spuren eines Transportwagens sind deutlich zu erkennen.



Apollo 17. Im Vordergrund ein gewaltiger Felsbrocken, im Hintergrund die sanfte Hügellandschaft des Taurus-Litrow-Gebirges.



Apollo 15. Astronaut Irwin beim ersten Mondauto. Im Hintergrund der 4000 m hohe Mount Hadley.



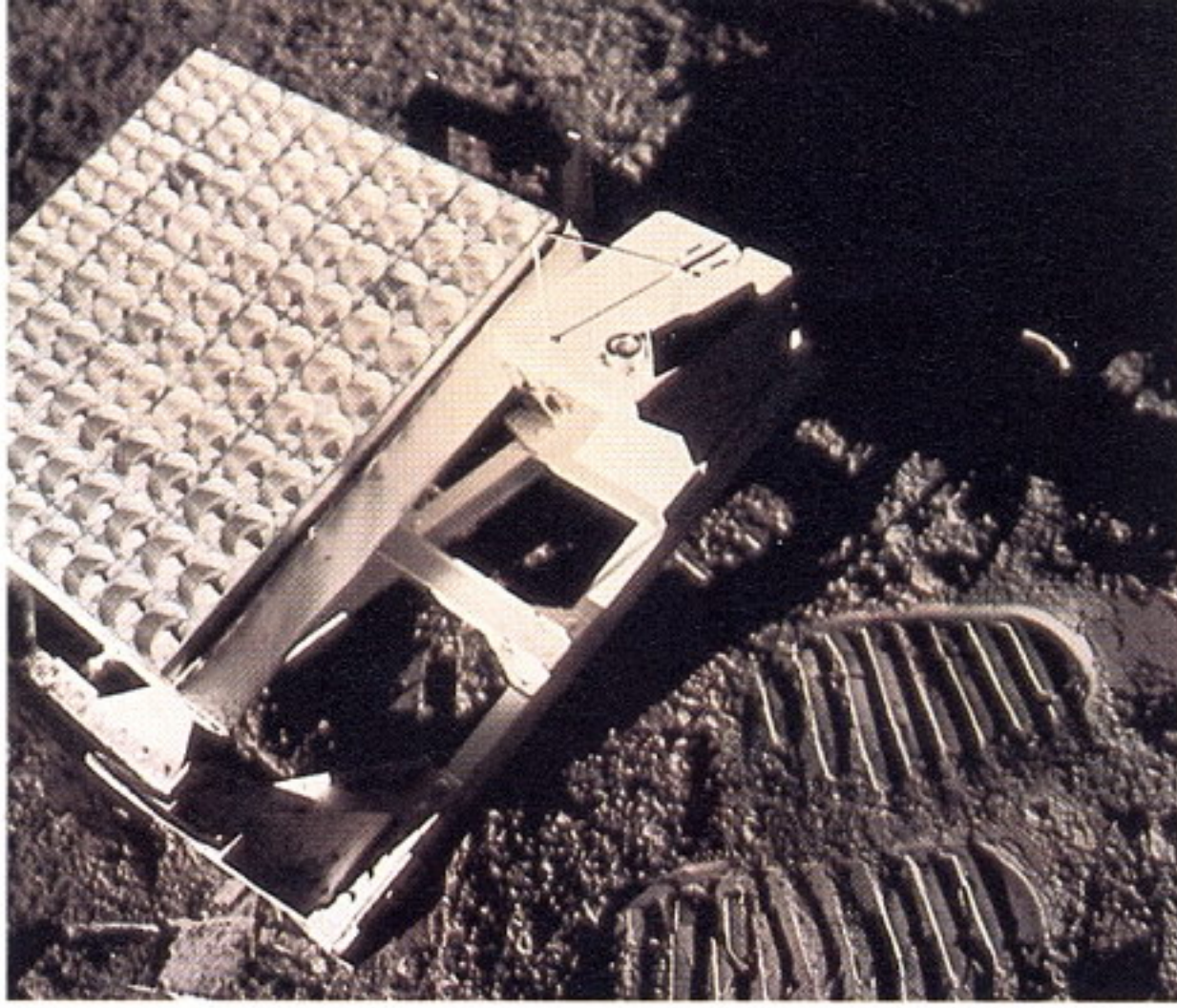
Apollo 17. Der Astronaut Schmitt bei einem großen Felsbrocken, der bei einem gewaltigen Meteoriteneinschlag hierher geschleudert wurde.

Die Oberfläche des Mondes ist vom

Warum kann man auf dem Mond gehen oder fahren?

„Regolith“ bedeckt, einer Schotterdecke aus losen Gesteinstrümmern und Staub. An manchen Stellen

ist der Regolith nur einige Zentimeter, an anderen Orten bis 10 m tief. Darunter ist festes Gestein. Glücklicherweise sinkt man als Fußgänger oder „Autofahrer“ höchstens einige Zentimeter ein. Frühere Befürchtungen, daß die Raumfahrer im Mondstaub wie in einem Moor oder im Tiefschnee versinken würden, haben sich also nicht bestätigt. Die Schuhe der Astronauten und die Räder der Mondautos hinterließen Spuren, die man noch nach Jahrtausenden sehen wird, da sie ja nicht von Sturm und Regen verwischt werden. Nur Meteoriteneinschläge können diese Spuren zerstören. Der Mondboden wird ja im Laufe der Jahrtausende immer wieder von kleinen und großen Geschossen aus dem All getroffen, zertrümmert und umgepflügt. Auch die von den Raumfahrern zurückgelassenen Landefähren, Mondautos und Meßinstrumente werden jahrhundertlang Zeugen unserer Zivilisation bleiben, wenn auf der Erde die Pyramiden, der Eiffelturm oder unsere Atomkraftwerke längst zu Staub geworden sind.



Der auf dem Mond aufgestellte Reflektor für Laserstrahlen wird noch nach Jahrtausenden Zeuge unserer Zivilisation sein.

Der Mond besitzt wegen seiner geringen

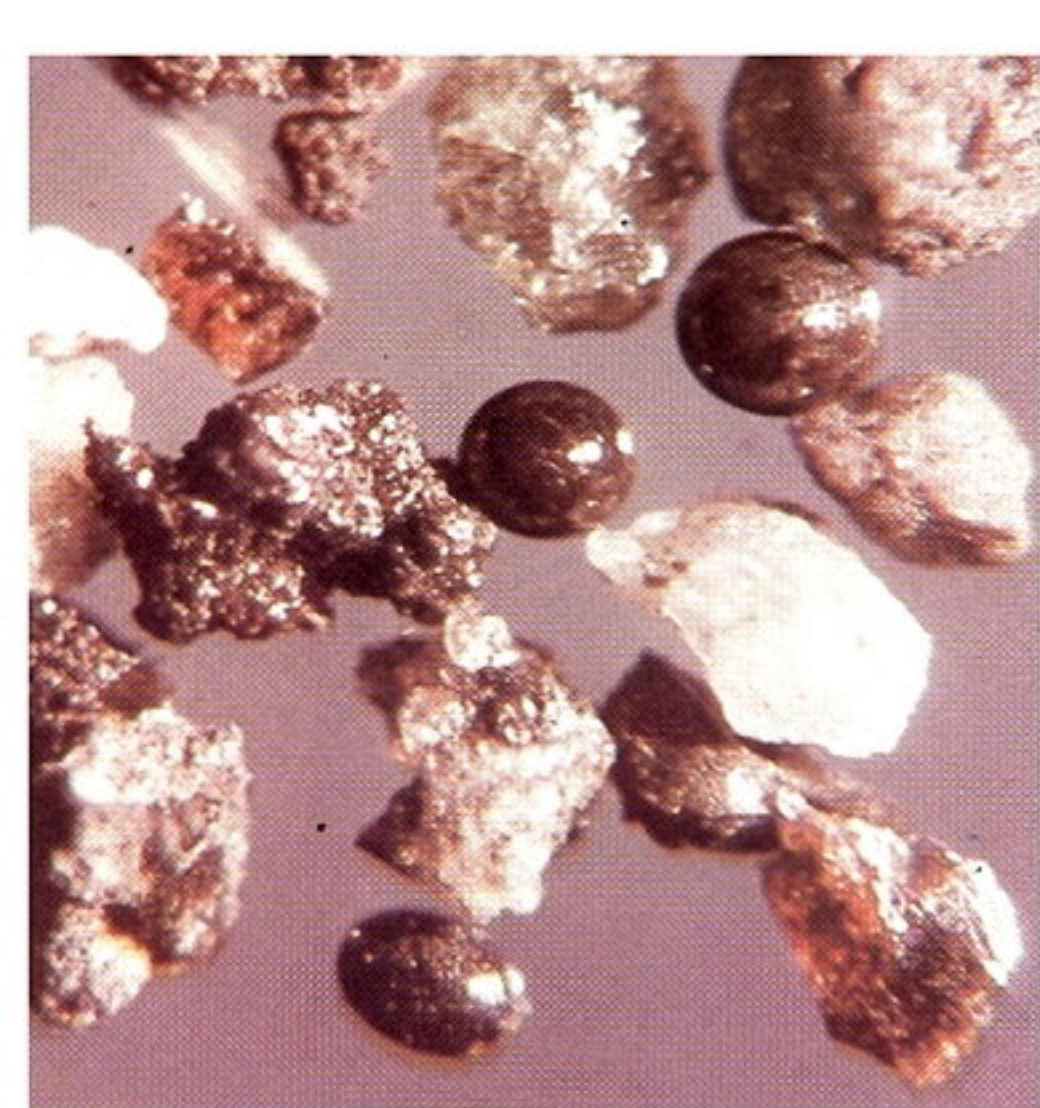
**Werden später
Menschen auf
dem Mond
wohnen?**

Anziehungskraft keine Atmosphäre. Selbst wenn man dort mit großtechnischen Mitteln eine Lufthülle erzeugen würde, so könnte der Mond diese nicht festhalten, und sie ginge

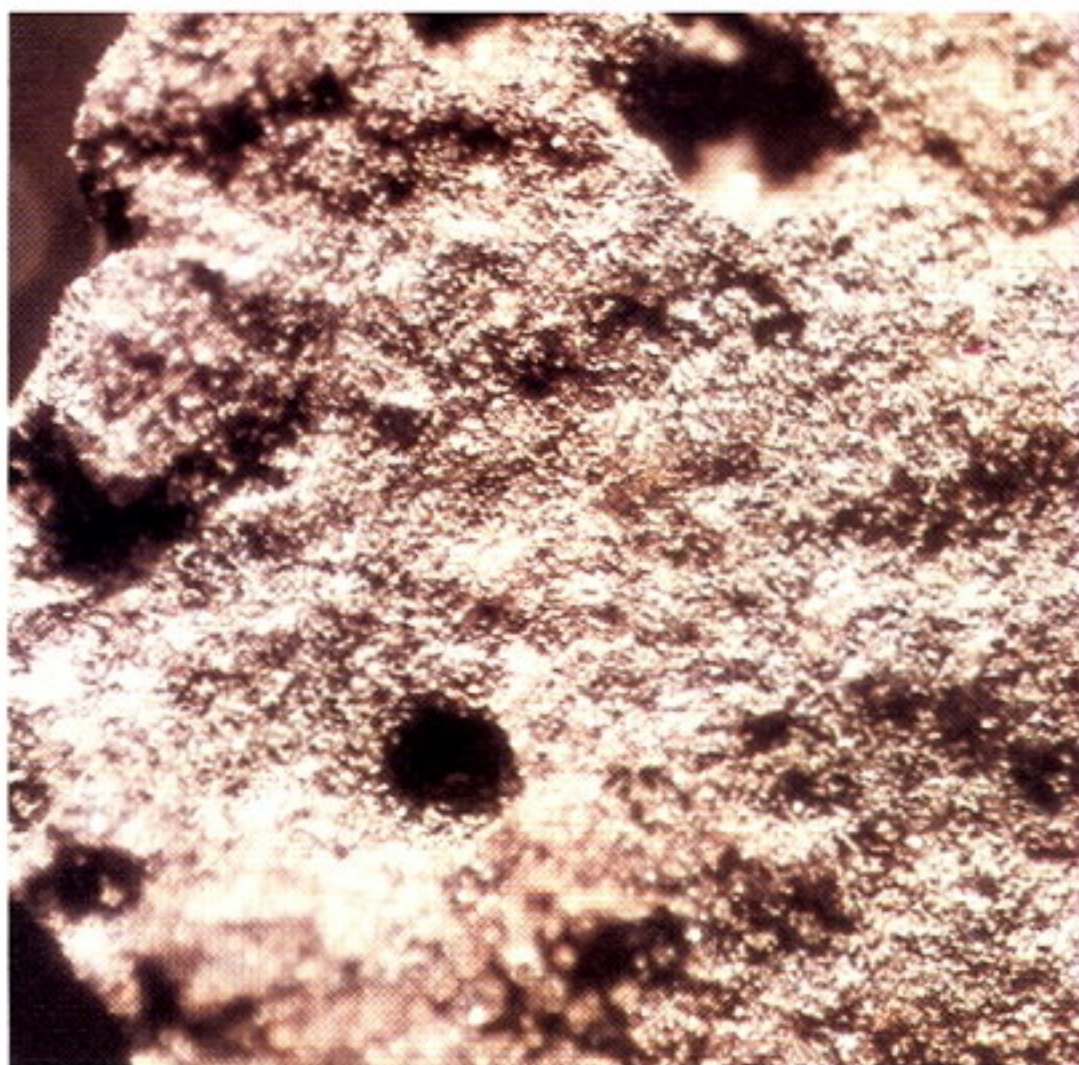
schnell wieder verloren. Man ist also immer auf einen Raumanzug oder einen Schutzraum angewiesen, der Atemluft und den fürs Überleben ebenso notwendigen Luftdruck, aber auch Schutz vor Strahlungen aller Art und Kleinmeteoriten garantiert. Große Wohnkolonien wird es auf dem Mond also nie geben, bestimmt jedoch Forschungsstationen oder Fabriken, in denen Wissenschaftler, Ingenieure und Facharbeiter einige Monate lang arbeiten werden, um dann von einer neuen Schicht abgelöst zu werden. Der Mond wird sicher später auch eine große Sternwarte beherbergen, da dort ja alle Strahlungen aus dem All ungestört und ungefiltert ankommen und untersucht werden können, also nicht nur Licht- und Radiowellen.

Wird so eine Mondbasis im 22. Jahrhundert aussehen? Vielleicht werden in 200 Jahren dauernd 100–200 Menschen auf dem Mond arbeiten.





Mondgestein vom Apollo 11-Landeplatz.



Ein Stück Mare-Basalt.



Helles Hochlandgestein.

Aufbau, Entstehung und Geschichte des Mondes

Auf dem Mond gibt es zwei ganz ver-

Sind Erde und Mond aus denselben Stoffen aufgebaut?

schiedene Landschaftstypen, die hellen „Hochländer“ und die dunklen „Meere“, welche man schon mit

bloßem Auge erkennt. Beide sind mit Gesteinen bedeckt, die man am ehesten mit den irdischen Basalten vergleichen kann. Die dunklen Mare-Basalte entsprechen etwa der irdischen Lava, wie sie besonders aus den Tiefseerücken austritt, doch gibt es deutliche Unterschiede in der Zusammensetzung. So enthalten die Gesteine aus den Mondmeeren im Durchschnitt weniger Silizium und Aluminium, aber mehr Eisen, Titan und Magnesium als die irdische Lava. In den Hochlandgesteinen fanden die Chemiker mehr Aluminium und Kalzium, aber weniger Eisen und Titan als in den Mare-Basalten. Übrigens kommen die Hochlandgesteine in kleinen Mengen auch in den Meeren vor. Sie wurden durch Einschläge dorthin geschleudert. Durch dieses dauernde Bombardement großer und kleiner Meteorite wurde das Mondgestein immer wieder zerstampft, vermischt, geschmolzen oder verdampft

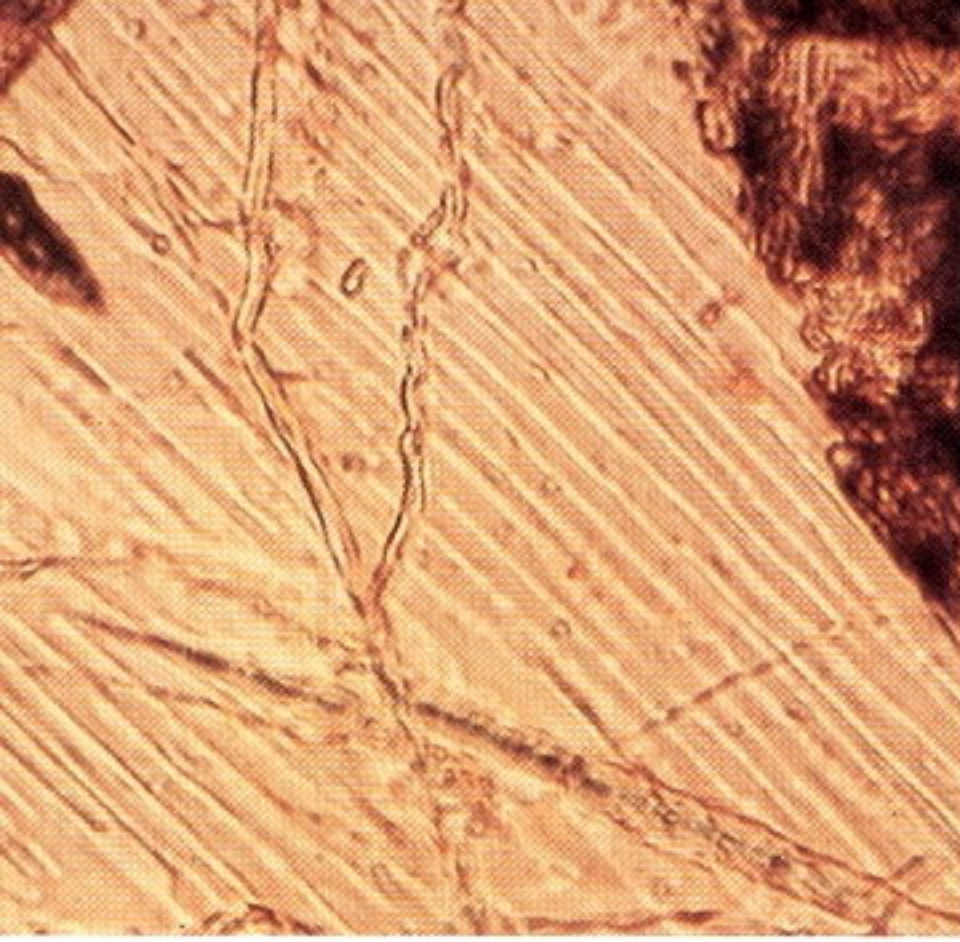
und häufig zu Brekzien, also Mischgesteinen, zusammengebacken. Besonders in den Hochländern findet man solche Brekzien. Die einschlagenden Meteorite zertrümmerten das Mondgestein also nach und nach völlig, und es bildete sich der typische schotterartige, staubige Regolithboden, in dem die Astronauten ihre Fußspuren hinterließen. So sehr sich die Mondlandschaften und Mondgesteine jedoch von den irdischen Verhältnissen unterscheiden, man findet auf dem Erdtrabanten die gleichen chemischen Grundstoffe wie auf der Erde, dem Mars und in den Meteoriten.

Früher glaubten viele Wissenschaftler,

Ist der Mond innen heiß wie die Erde?

der Mond sei im Innern völlig erkaltet. Die Wärme- flußexperimente von Apollo 15 und 17 zeigten jedoch,

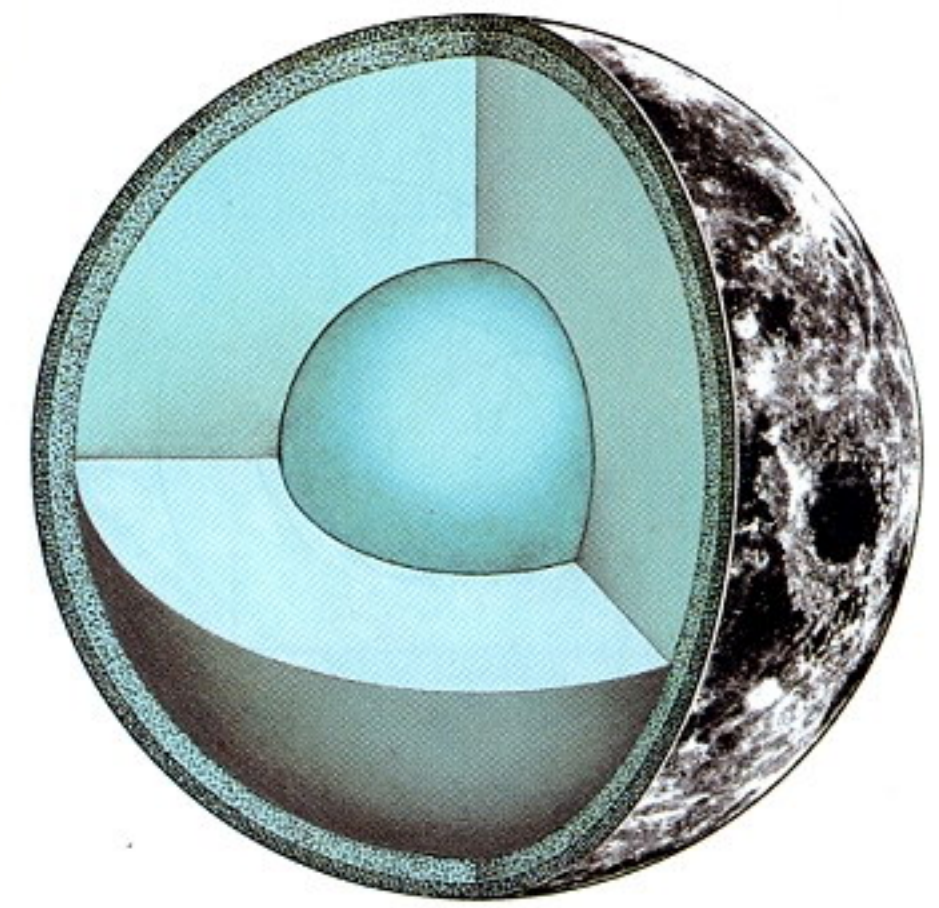
daß der Mond in seinen tieferen Schichten heiß sein muß, da ein Wärmestrom von innen nach außen fließt. Die hohe Temperatur im Inneren wird wahrscheinlich wie auch bei der Erde, durch radioaktiven Zerfall erzeugt. Durch die Untersuchung von künstlich erzeugten oder



Die mikroskopische Untersuchung dieses Mondsteins (Streifen) zeigt, daß er einmal unter hohem Druck gestanden hat, wie er nur bei einem Einschlag kurzfristig auftreten kann.



Glaskügelchen vom Mond. Vor Jahrmilliarden wurde Gestein bei einem Einschlag aufgeschmolzen und weggeschleudert. Die Tropfen erstarrten im Fluge zu Glaskugeln.



Das Mondinnere: Wie bei der Erde unterscheidet man beim Mond Kruste, Mantel und Kern.

natürlich entstandenen Erdbebenwellen weiß man heute ziemlich gut, wie das Mondinnere aufgebaut ist. Ähnlich wie die Erde besitzt der Mond eine leichtgefügte Kruste, einen Mantel und einen dichtgepackten Kern. Nun kann man aus der Schwächung oder Auslöschung bestimmter Wellen, den sogenannten Scherungswellen, feststellen, ob das Material, durch das sie laufen, flüssig ist. So hat man herausgefunden, daß der Mondkern, dessen Durchmesser etwa 1200 km beträgt, ganz oder teilweise verflüssigt sein muß, wie es auch bei der Erde der Fall ist. Die genaue Zusammensetzung des Mondkerns ist allerdings noch unbekannt. Sicher werden jedoch wie bei unserem Planeten Eisen

und Eisenverbindungen eine große Rolle spielen.

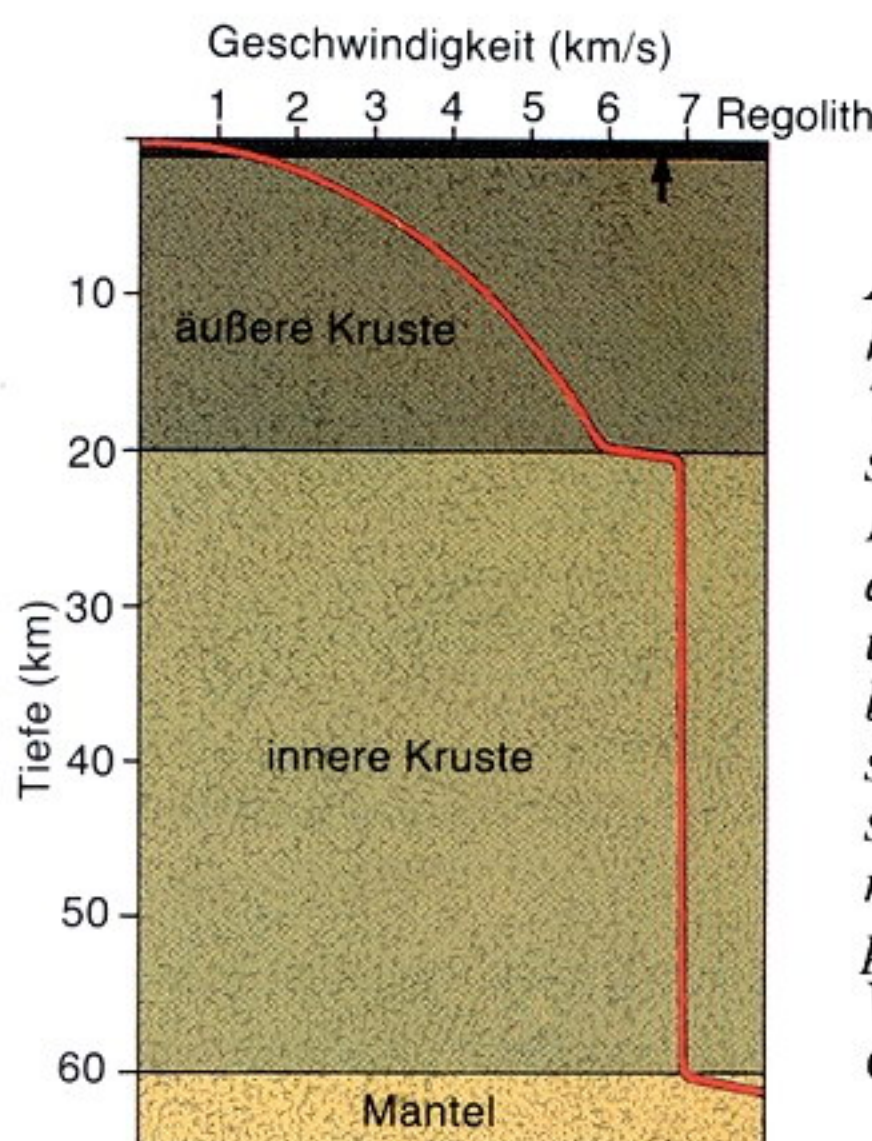
Mascons sind Gebiete dichten Materials, die unter der Mondoberfläche liegen. Man erkennt sie durch Unregelmäßigkeiten in den Bahnbewegungen von Satelliten, die den Mond umkreisen. Eine eindeutige Erklärung der Mascons gibt es noch nicht.

Was sind Mascons?

Wie bereits 1959 von der russischen Sonde Lunik 2 festgestellt wurde, hat der Mond praktisch kein allgemeines Magnetfeld wie die Erde.

Hat der Mond ein Magnetfeld?

Es gibt aber Gebiete, in denen Spuren eines solchen Feldes zu finden sind, z. B. den North Ray Crater, den die Apollo 16-Astronauten untersuchten. Ein schwaches lokales Feld besteht auch an einem Punkt der Mondrückseite in der Nähe einer tiefen Einsenkung namens Van de Graaf. Die Mondgesteine verraten uns jedoch, daß der Mond vor 3 Milliarden Jahren ein starkes allgemeines Magnetfeld besessen haben muß, das heute verschwunden ist.

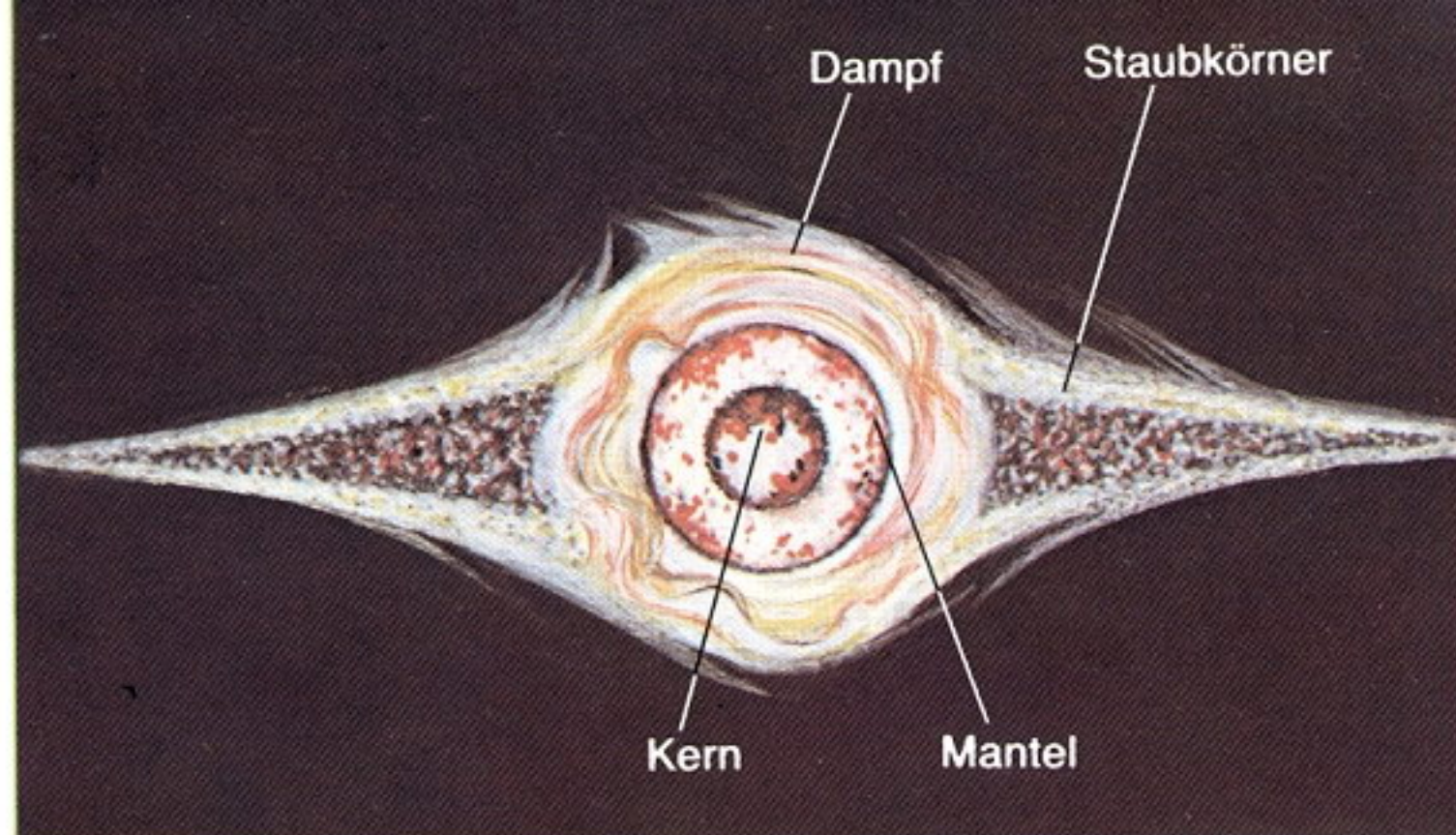


Aufbau der Mondkruste: Bis 20 km Tiefe steigt die Geschwindigkeit der Mondbebenwellen an. Zwischen 20 und 60 km Tiefe bleibt die Geschwindigkeit konstant. Danach macht sie einen plötzlichen Sprung: Wir sind an der Grenze des Mantels.

Wir wissen heute ziemlich sicher, daß die Planeten und Monde vor rund 4,6 Milliarden Jahren aus dem Material einer großen Gas- und Staubscheibe entstanden sind, die sich um die Ursonne herum gebildet hatte. In dieser Scheibe formten sich besonders dichte Materieringe, aus deren Brocken, Staubkörnern und Gasen sich die Mitglieder des Sonnensystems wie Mond, Mars, Jupiter oder Erde bildeten.

Nach wie vor gibt es allerdings vier Theorien, die beschreiben, wie unser Mond innerhalb dieser Planetenfamilie nun eigentlich genau entstanden sein soll: 1. Die Abspaltung von der noch glutflüssigen Erde, 2. gleichzeitige Entstehung von Erde und Mond als Doppelplanet an derselben Stelle des Urnebels, 3. Entstehung des Mondes in einer fernen Gegend des werdenden Sonnensystems und späterer Einfang durch die Erde, 4. Bildung des Mondes aus heißen Dämpfen, die sich in der Urzeit um die Erde gebildet hatten, von dieser weggeschleudert und zu Staubwolken wurden, um sich schließlich zum Mond zusammenzuballen. In einem sind sich die Wissenschaftler einig: Der Mond ist genauso alt wie die Erde, nämlich rund 4,5 Milliarden Jahre. Dies wird durch Gesteinsuntersuchungen eindeutig bewiesen. Für die Abspaltungstheorie spricht, daß der Mond eine ähnliche Dichte und Zusammensetzung hat wie die äußeren Erdschichten, aus denen er ja stammen müßte, wenn die Theorie richtig ist. Die Erde hat eine Dichte von 5,5, der Mond nur 3,3 g/cm³. Dieser Unterschied wäre bei einer Entstehung der beiden Himmelskörper in derselben Gegend des Urnebels kaum erklärbar, wohl aber durch die Einfangtheorie, nach der der Mond in einer anderen Gegend mit leichterem Material entstanden sein soll.

Wie ist der Mond entstanden?



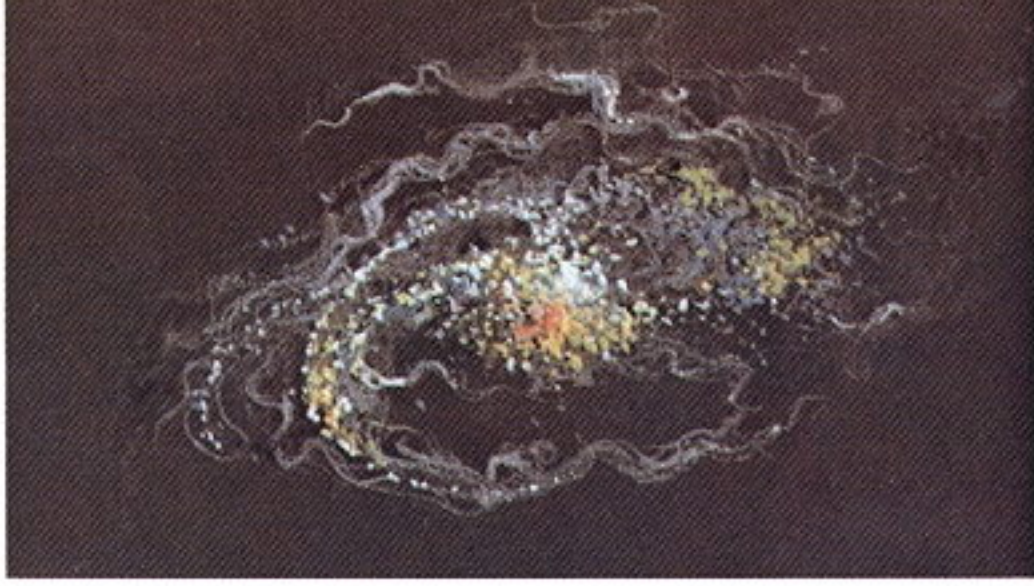
Nach der Präzipitationstheorie bildete sich der Mond aus heißen Dämpfen, die von der Erde weggeschleudert wurden, zu Staubkörnern erstarrten, aus denen sich dann der Erdtrabant nach und nach zusammenballte.

Gegen diese Theorie spricht jedoch, daß ein solcher Einfang sehr unwahrscheinlich ist. Man war daher lange Zeit geneigt, der Abspaltungstheorie den Vorzug zu geben, jedoch melden auch hier viele Wissenschaftler große Bedenken an. Die flüssige Urerde hätte sich ungeheuer schnell um sich selbst drehen müssen, um den Mond wegzuschleudern, wofür man keine Erklärung fand. So bevorzugt man heute die sogenannte Präzipitationstheorie, nach der sich der Mond aus einer Art dichter und heißer Uratmosphäre der Erde gebildet haben soll, die teilweise weggeschleudert wurde. Man verbindet dabei die Vorteile des Abspaltungs- und des Doppelplanetenmodells, ohne deren Nachteile in Kauf nehmen zu müssen. Es muß jedoch betont werden, daß auch die Mondflüge keine eindeutige Antwort auf die Frage nach der Entstehung des Erdtrabanten gebracht haben. Sehr viel weiß man dagegen über die weitere Geschichte des Mondes.

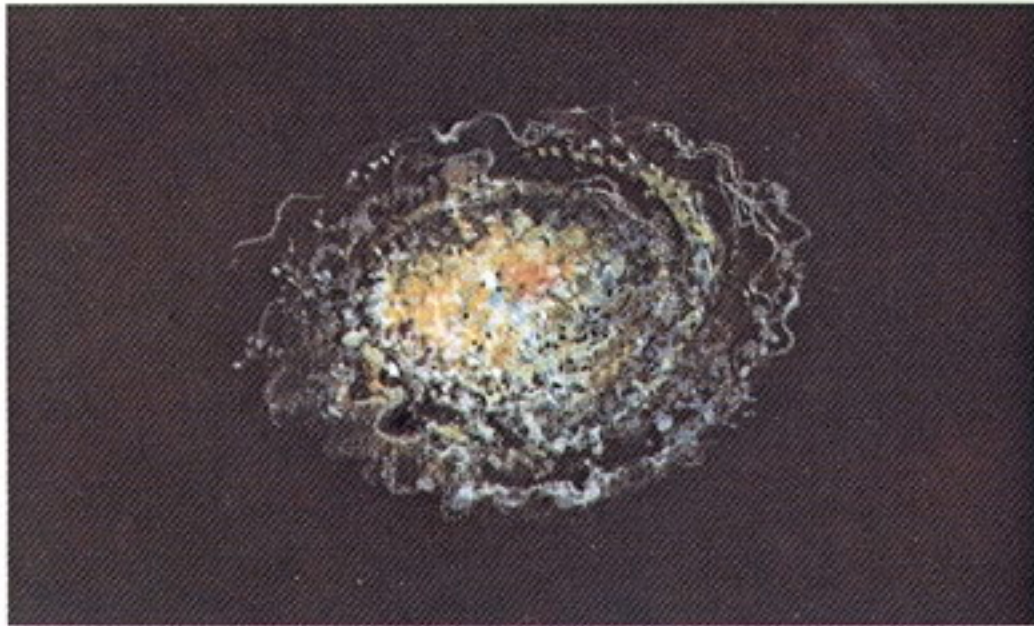
Wie schon erwähnt, kann mit großer Sicherheit angenommen werden, daß der Mond, ähnlich wie die Erde und die anderen Planeten, vor rund 4,5–4,6 Milliarden Jahren entstanden ist. Am Anfang war der Mond

Was wissen wir von der Vergangenheit des Mondes?

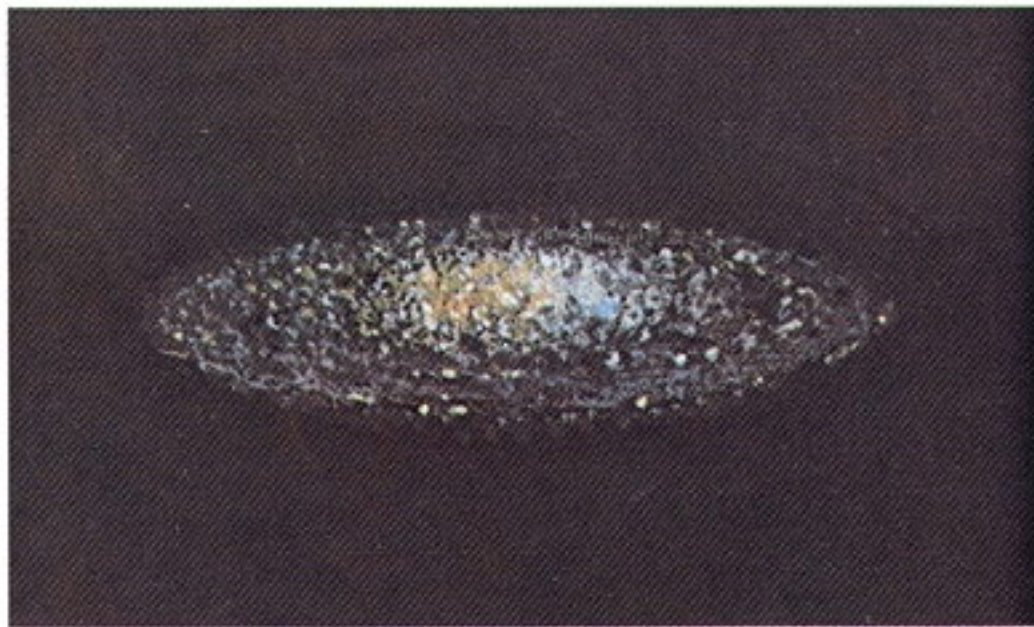
1



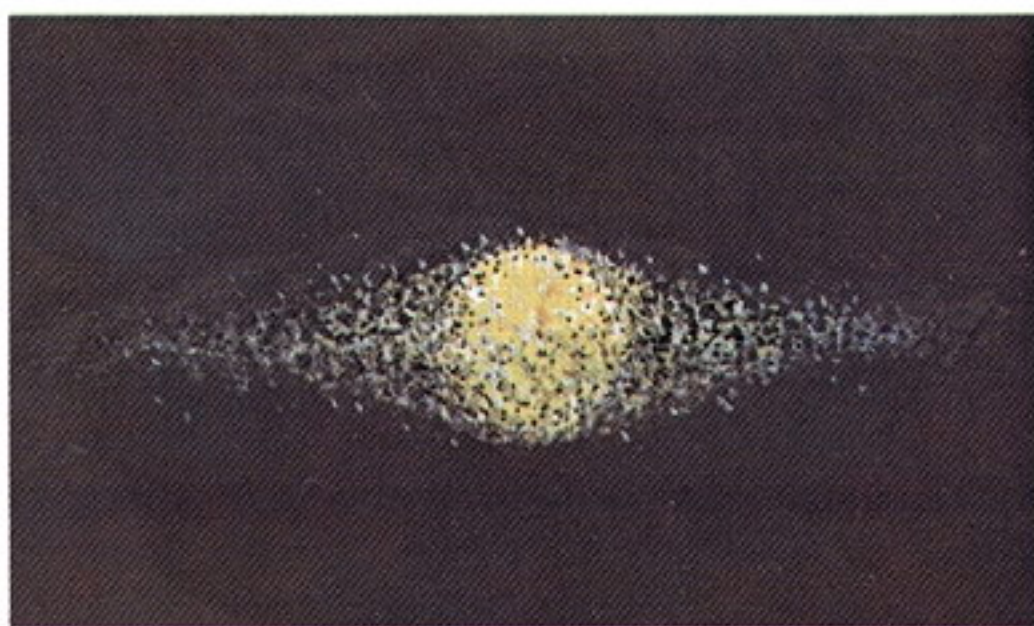
2



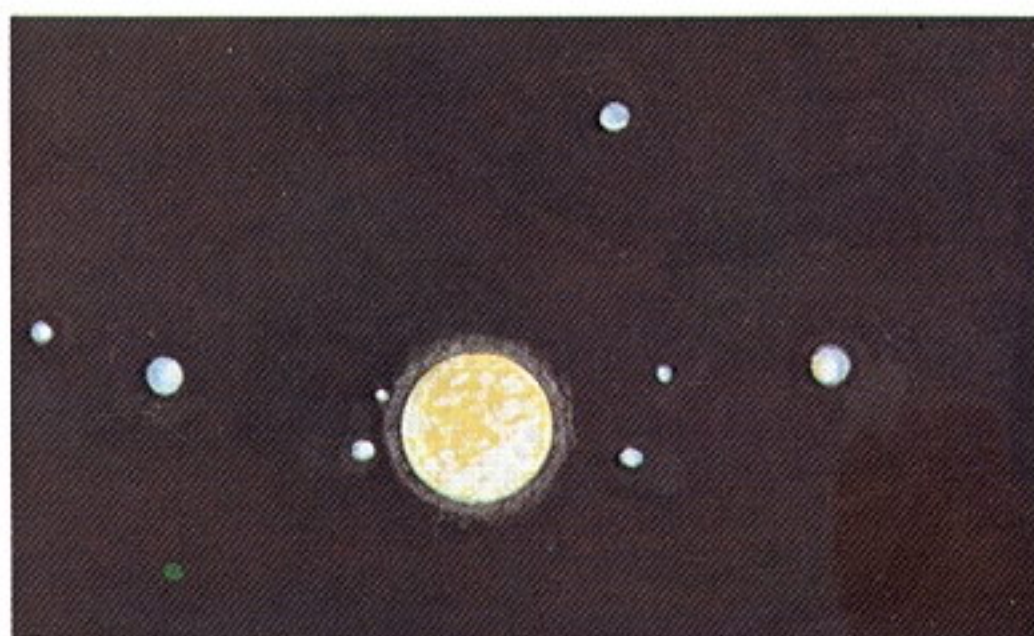
3



4



5

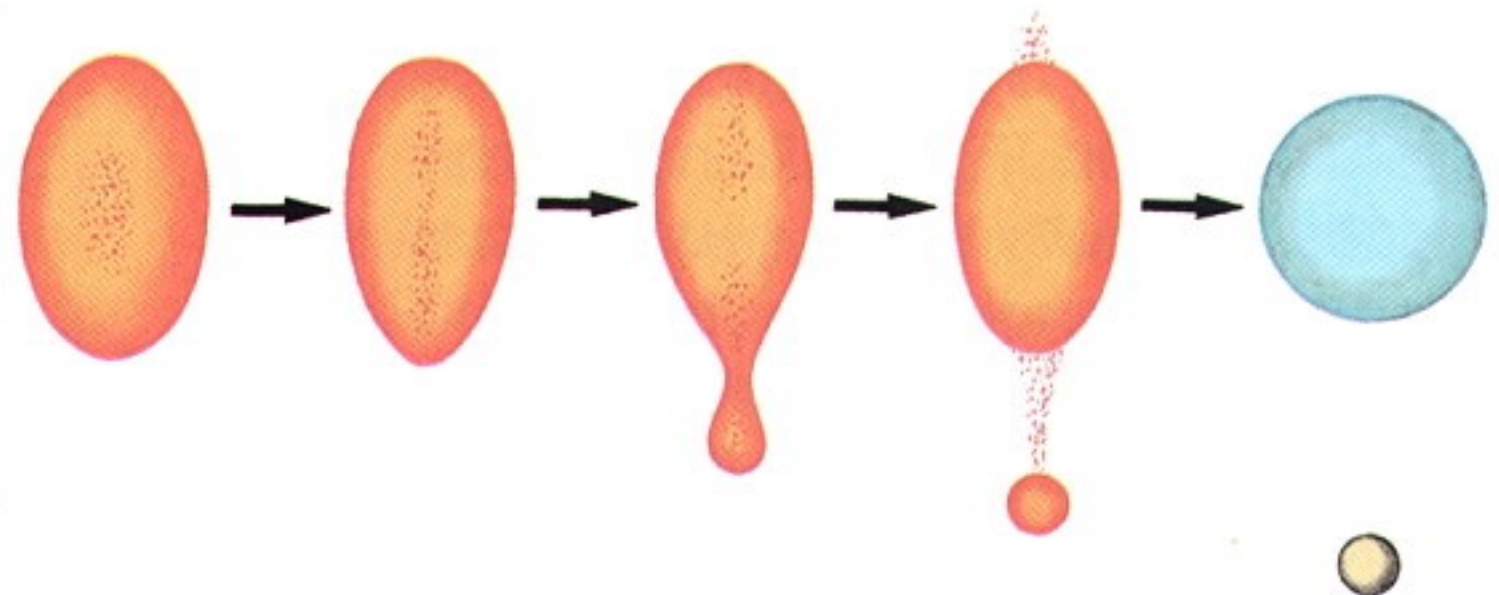


Bildung des Sonnensystems:

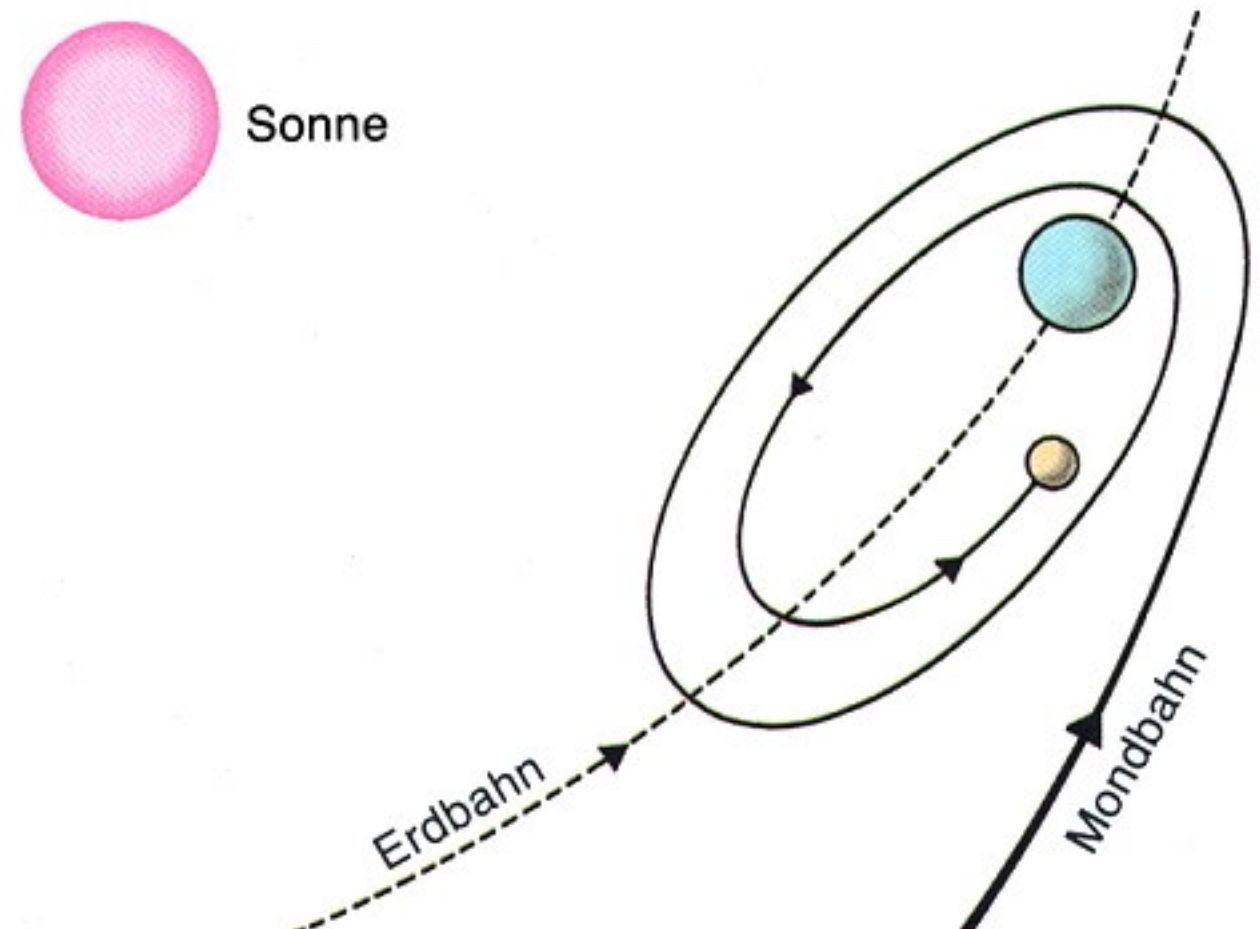
Das ganze Sonnensystem, zu dem ja auch Erde und Mond gehören, bildete sich aus einer großen Wolke aus Gas und Staub (1). Diese zog sich zusammen und drehte sich dabei immer schneller (2). Durch die dabei auftretenden Fliehkräfte plattete sich das ganze Gebilde zu einer Scheibe ab (3). In der Mitte bildete sich eine große Verdichtung (4). Daraus wurde die Sonne. In den äußeren Bereichen bildeten sich Planeten und Monde, das Planetensystem bekam langsam sein heutiges Aussehen (5).



Bildung eines Doppelplaneten: Es ist auch möglich, daß Erde und Mond zur selben Zeit im selben Gebiet des Urnebels gebildet wurden.



Nach der Abspaltungstheorie waren Erde und Mond zunächst ein Körper aus glutflüssigem Material, der sich schnell drehte, dabei birnenförmig, dann hantelförmig wurde und schließlich auseinanderriß. Die kleinere Kugel der ungleichförmigen Hantel wurde zum Mond, die größere zur Erde.



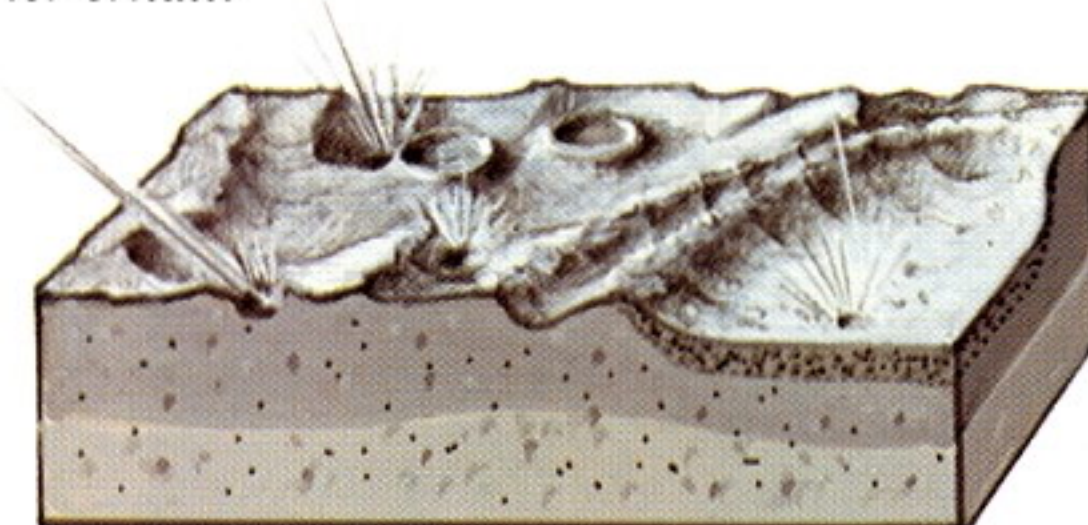
Nach der Einfangtheorie bildete sich der Mond in einer fernen Gegend des Sonnensystems und wurde von der Erde später eingefangen.

zumindest bis in eine Tiefe von einigen hundert Kilometern glutflüssig, die leichteren Stoffe schwammen an der Oberfläche und bildeten nach ihrer Erkalting die helle Mondkruste. Diese zunächst glatte Kruste wurde in der Folgezeit von Millionen großen und kleinen Brocken getroffen, die in den ersten 500 Millionen Jahren viel zahlreicher als heute waren, es bildeten sich Tausende von Einschlagskratern. Einige der auftretenden Körper waren riesengroß und schlugen gewaltige Becken in die Mondkruste. Später, vor 3,9–3,2 Milliarden Jahren, traten unvorstellbare Lavaströme aus dem Mondinnern hervor und überfluteten diese Becken, die „Mondmeere“ formten sich. Das Mare Tranquilitatis war vor rund 3,6, das Mare Foecunditatis vor 3,4 und der Oceanus Procellarum vor 3,2 Milliarden Jahren aufgefüllt. Rund 700 Millionen Jahre lang ergossen sich immer neue Lavamassen aus dem Mondinnern, das durch Radioaktivität stark aufgeheizt war, in die großen Becken und deren Nachbargebiete. Es entstanden die dunklen Ebenen, die Jahrmilliarden später von den ersten Fernrohrbeobachtern den irreführenden Namen „Mondmeere“ erhalten sollten. Da, wo wir heute diese verhältnismäßig glatten, erkalteten Lavaseen erkennen, war ursprünglich auch eine fast weiße, kraterreiche Landschaft, die jedoch für immer in den Lavaströmen versank. Die Mondmeere haben wenige Krater, da nach ihrer Bildung nicht mehr viele Meteorite vorhanden waren, die für neue Bombentrichter hätten sorgen können. In den nun folgenden 3,2 Milliarden Jahren tat sich auf dem Mond nicht mehr viel, vielleicht abgesehen von einigen Einschlägen, welche die Strahlenkrater Copernicus, Tycho und Kepler bildeten, deren Auswurfmaterial die ursprüngliche Landschaft teilweise bedeckte. Wenn wir den Mond im Fernrohr betrachten, so werfen wir nicht nur einen

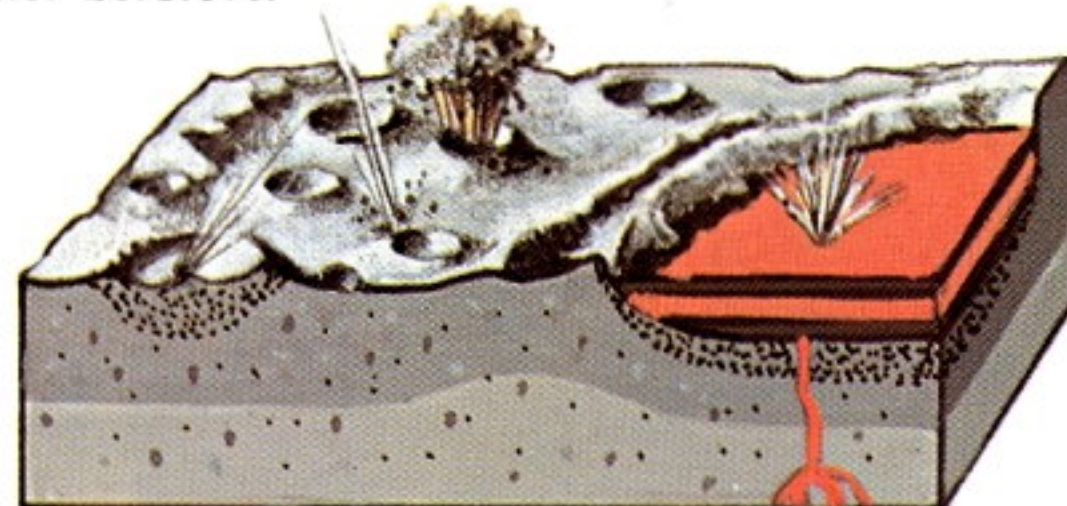
Chronologie des Mondes



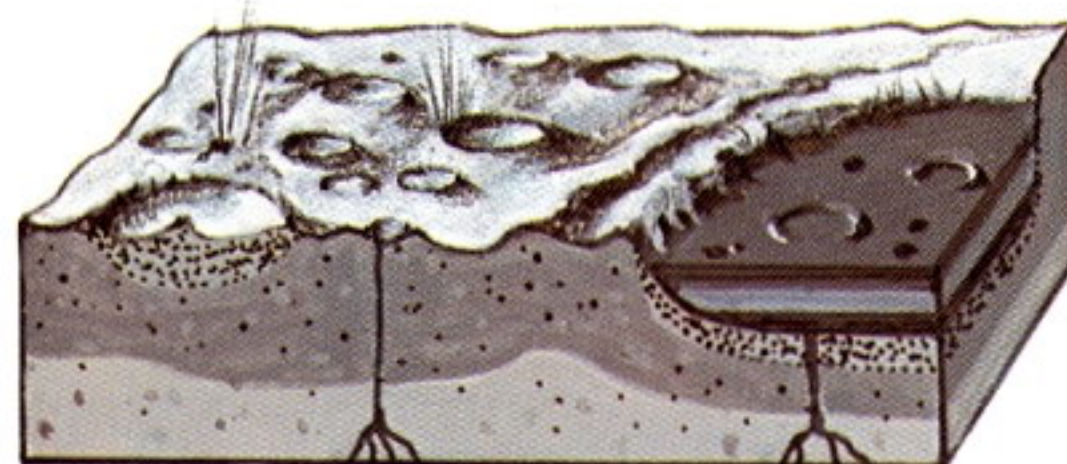
Vor 4,6 Milliarden Jahren. Bildung der Mondkruste, die sofort durch Einschläge Krater erhält.



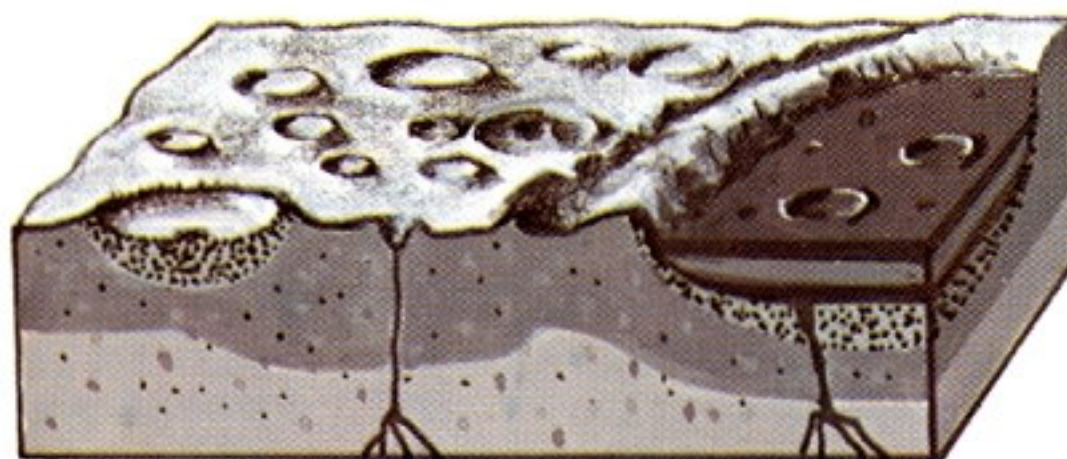
Vor 4,5 – 3,9 Milliarden Jahren. Bildung der großen Becken und vieler weiterer kleiner Krater. Die ersten Landschaften werden wieder zerstört.



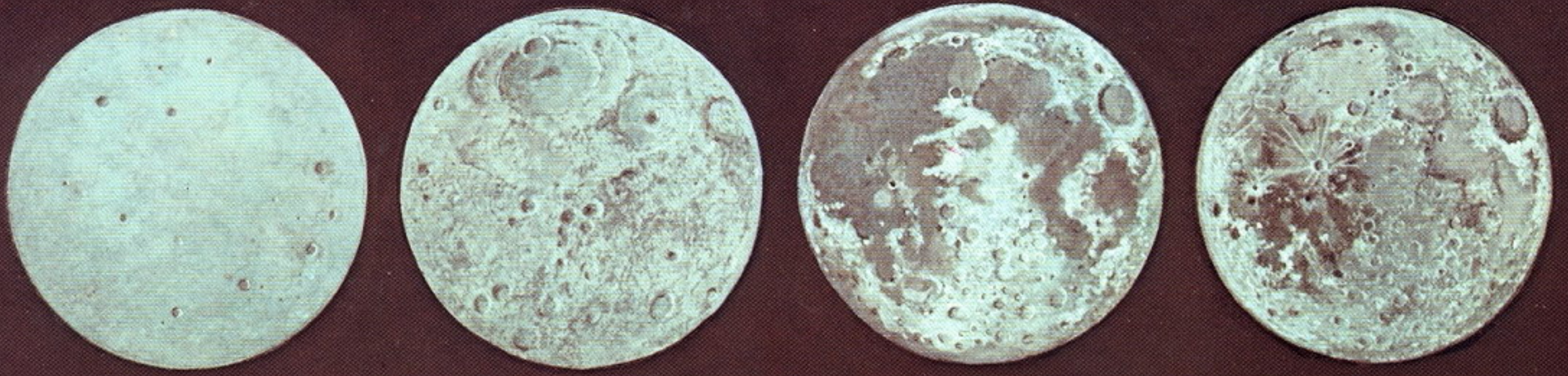
Vor 3,9–3,2 Milliarden Jahren. Die Becken werden von Lava überflutet, welche schubweise aus dem Mondinnern kommt.



Vor 3,2–1,0 Milliarden Jahren. Nur noch wenige Krater werden neu gebildet. Der Vulkanismus läßt nach.



In den letzten 1 000 000 000 Jahren gibt es kaum mehr Veränderungen.



Der Mond vor 4,5 Milliarden Jahren. Eine feste Kruste hat sich gebildet, Krater entstehen.

Der Mond vor 3,9 Milliarden Jahren. Die großen Becken sind vorhanden, aber noch nicht überflutet.

Der Mond vor 3,2 Milliarden Jahren. Die „Meere“ sind entstanden.

Der Mond heute. Die Strahlenkrater sind zu sehen.

Blick auf eine Nachbarwelt, sondern auch in eine ferne Vergangenheit: Fast alle Landschaften, die wir sehen, sind über 3 Milliarden Jahre alt, während auf der Erde durch Vulkanismus, Stürme, Niederschläge, Eismassen und biologische Vorgänge das Landschaftsbild ununterbrochen verändert wird. Einer der jüngsten Mondkrater, der Krater Cone, ist 20 Millionen Jahre alt und hat sich seit seiner Bildung kaum verändert. Das „Nördlinger Rieß“ in Süddeutschland, einer der größten irdischen Einschlagskrater, ist „nur“ 14,9 Millionen Jahre alt, aber bereits stark eingeebnet und abgetragen.

Das Aussehen des Mondes wird sich

Wie muß man sich die Zukunft des Mondes vorstellen?

in den kommenden Jahrtausenden kaum verändern, da es nicht mehr viele Großmeteorite gibt, die den Mond treffen können. Durch die Erzeugung von Ebbe und Flut bremst der Mond die Erdrotation immer mehr ab, da die beiden Flutberge, unter denen sich die Erde hinwegdreht, wie Bremsbacken wirken. Wenn die Erddrehung langsamer wird, verliert unser Planet Energie, die nach den Gesetzen der Physik ir-

gendwo bleiben muß. Diese Energie wird teilweise vom Mond übernommen, der sich dadurch immer weiter von uns entfernen kann und uns immer langsamer umkreist.

Ein Erdentag, ursprünglich etwa 5 heutige Stunden lang, dauert heute 24 Stunden. Der Mondumlauf, ursprünglich nur so lang wie ein heutiger Tag, dauert heute rund 4 Wochen. In vielen Milliarden Jahren würde, wenn die Erde noch so lange existieren könnte, ein Erdentag so lange sein wie heutige 55 Tage, der Mond würde für eine Erdumkreisung ebenfalls 55 Tage brauchen. Die Erde müßte dann dem Mond immer dasselbe Gesicht zeigen, so wie uns der Mond schon heute immer dieselbe Seite zuwendet. Wenn ein Tag 55 mal 24 Stunden dauert, so bedeutet das, daß die Sonne in einer bestimmten Gegend fast einen Monat lang ununterbrochen scheint. Auf der Sonnenseite würden die Ozeane kochen, auf der Nachtseite würde alles einfrieren, so daß Leben dann kaum mehr vorstellbar wäre. Allerdings wird es soweit gar nicht kommen. Wenn in rund 5 Milliarden Jahren die Sonne sterben muß und sich vorher gewaltig aufbläht, werden die Erde und der Mond wahrscheinlich völlig zerstört werden.

Die Monde der anderen Planeten

Außer der Erde umkreisen noch 8 weitere große Planeten die Sonne:

Haben alle Planeten Monde?

Merkur und Venus innerhalb, Mars, Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun

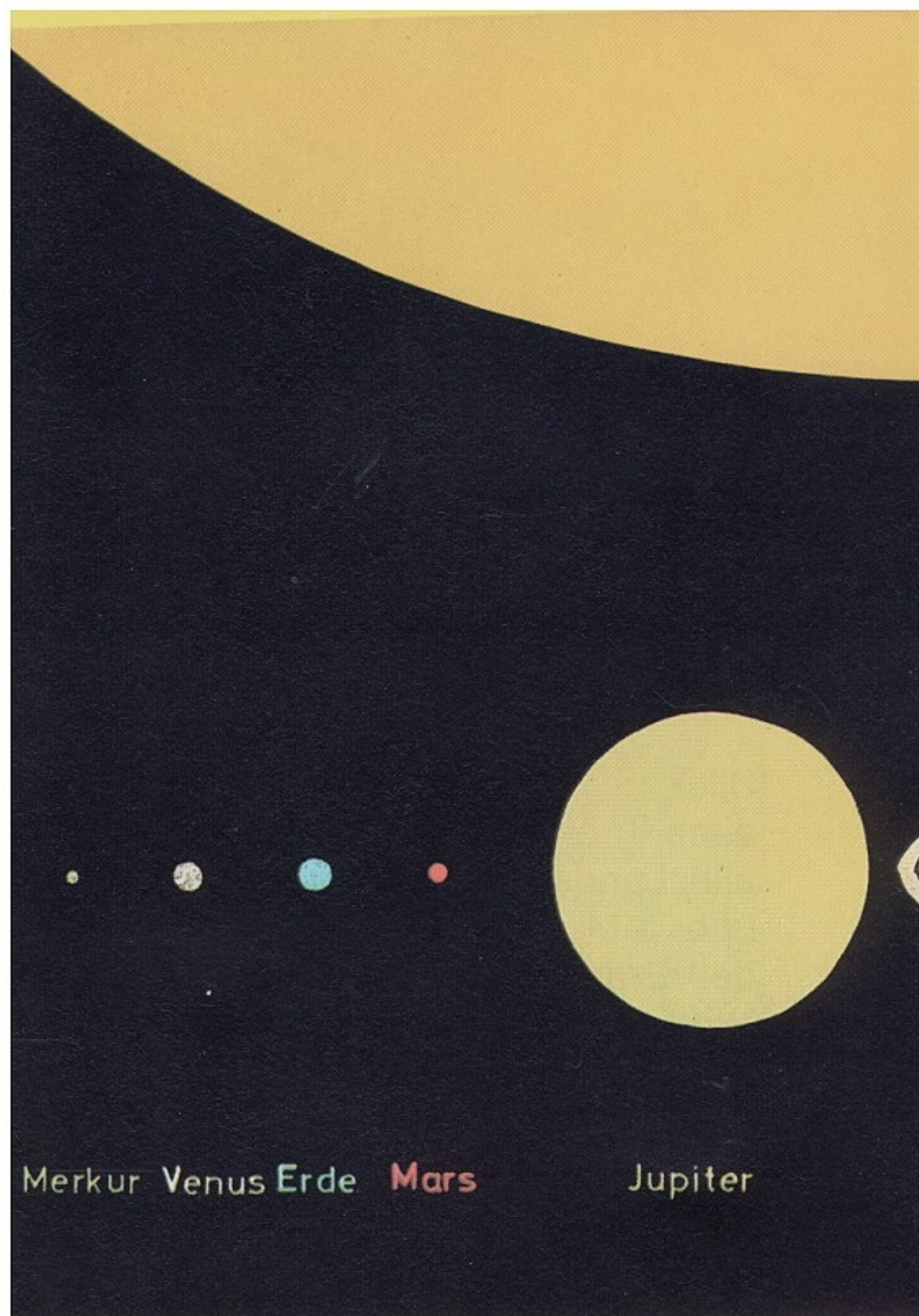
und Pluto außerhalb der Erdbahn. Daneben gibt es Tausende von Kleinplaneten, die sich hauptsächlich zwischen Mars und Jupiter, zum Teil aber auch in anderen Gegenden des Sonnensystems aufhalten. Während die inneren Planeten, Merkur und Venus, keine Monde besitzen, hat man bis jetzt bei Mars zwei, bei Jupiter 16 und bei Saturn sogar 23 Monde entdeckt. Uranus hat 15, Neptun wahrscheinlich 8 Begleiter. Auch der ferne Pluto hat einen Mond. Außerdem besitzen Jupiter, Saturn, Uranus und der ferne Neptun Ringsysteme, die aus Milliarden von kleinen Mändchen aufgebaut sind. Nicht mitgerechnet sind die künstlichen Satelliten, welche Venus und Mars, besonders aber die Erde umkreisen und erforschen.

Vor über 110 Jahren, 1877, entdeckte

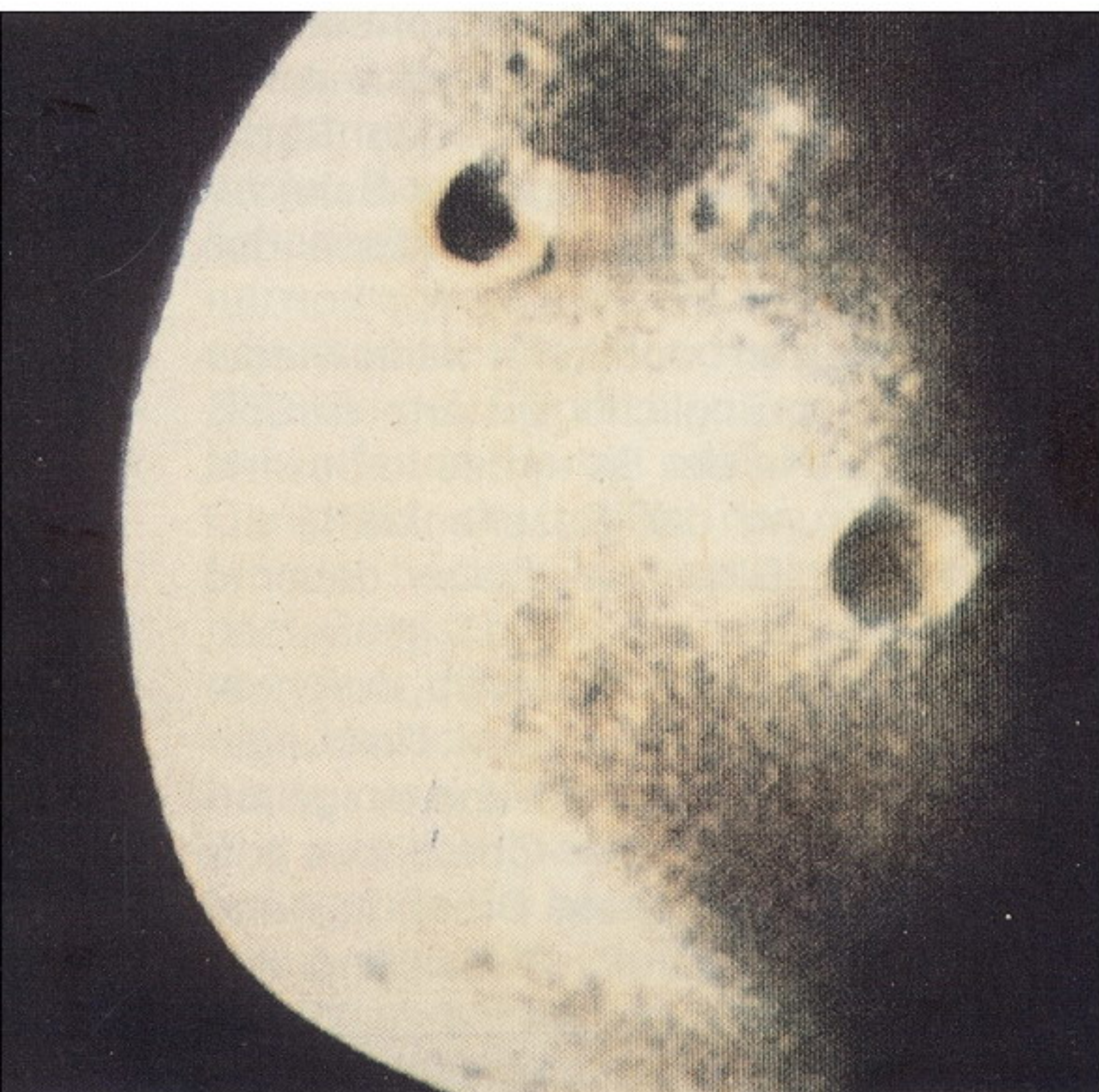
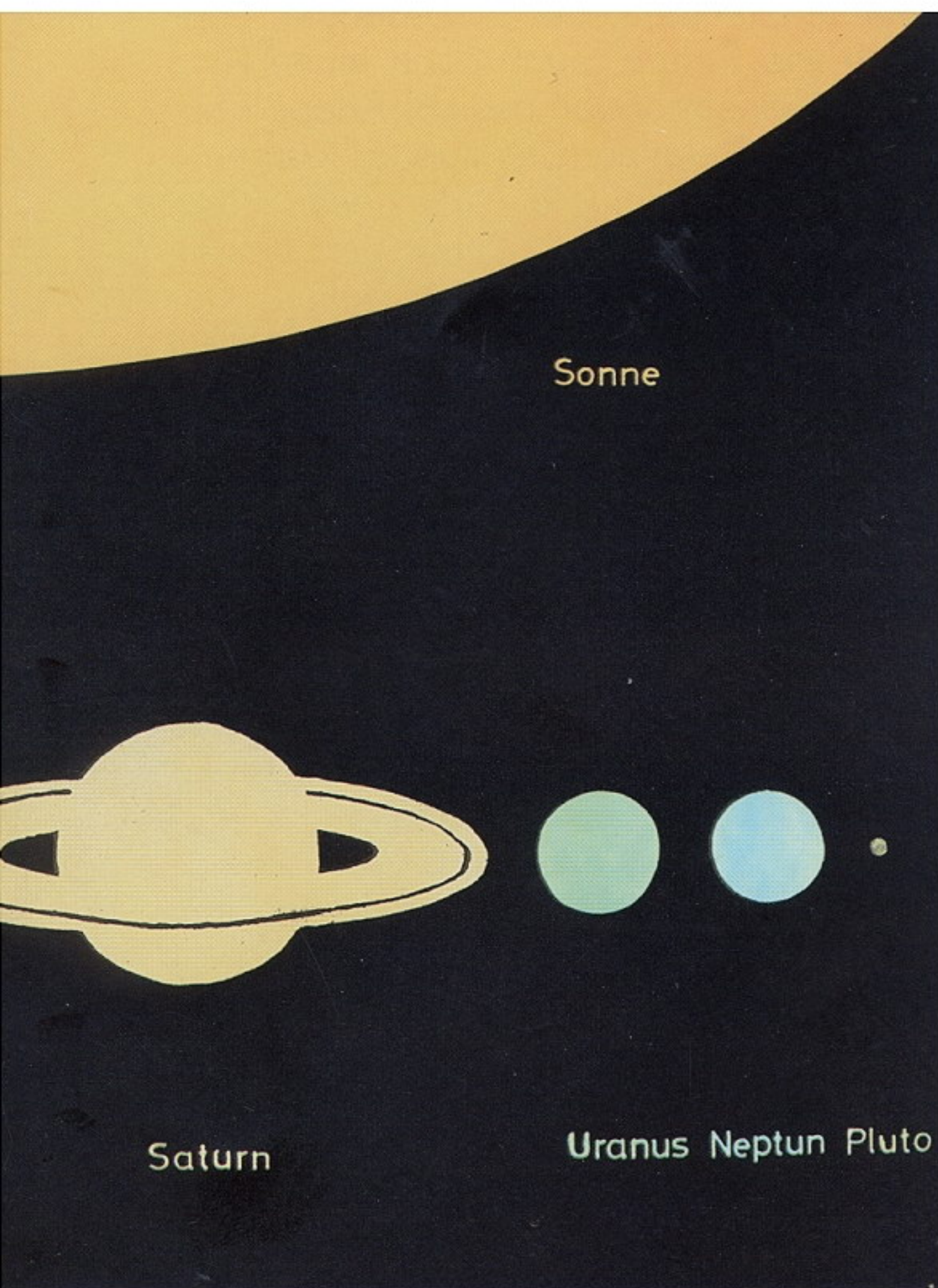
Sind die Marsmonde Raumstationen einer früheren Zivilisation?

der amerikanische Astronom Hall zwei winzige Marsbegleiter, die ihren Planeten in ganz geringem

Abstand umkreisen, so wie dies bei vielen unserer Raumstationen und Wettersatelliten der Fall ist. Sie bekamen die Namen Phobos und Deimos, was so viel heißt wie Furcht und Schrecken. Da man annimmt, daß der Mars früher einmal viel lebensfreundlicher war als heute, vermutete man sofort, daß die beiden Marssatelliten große Raumstationen ei-



Oben: Die 9 großen Planeten im richtigen Größenverhältnis zur Sonne. Unten links und rechts: Die beiden Marsmonde Phobos und Deimos, aufgenommen von amerikanischen Raumsonden. Handelt es sich um eingefangene Kleinplaneten?



Monde im Sonnensystem

Stand: 1986. d = Tage, h = Stunden, m = Min., s = Sek.

Name/ Bezeichnung	Durchmesser (km)	Entfernung zum Planeten (km)	Umlaufzeit
ERDE			
Mond	3476	384 000	27,322 ^d
MARS			
Phobos	27×22×19	9 380	7 ^h 39 ^m
Deimos	15×12×11	23 460	30 ^h 18 ^m
JUPITER			
Metis	40	127 950	7 ^h 4,5 ^m
Adrasteia	35	128 590	7 ^h 9 ^m
Amalthea	200	182 000	11 ^h 57 ^m
Thebe	80	221 725	16 ^h 11 ^m
Io	3636	421 400	1,763 ^d
Europa	3066	670 500	3,551 ^d
Ganymed	5225	1 069 000	7,155 ^d
Kallisto	4890	1 881 200	16,889 ^d
Leda	10	11 110 000	240 ^d
Himalia	170	11 470 000	251 ^d
Elara	80	11 730 000	260 ^d
Lysithea	25	11 750 000	261 ^d
Ananke	20	21 200 000	625 ^d
Carne	30	22 550 000	692 ^d
Pasiphae	40	23 300 000	737 ^d
Sinope	20	23 650 000	758 ^d
SATURN			
1980 S36	16	118 000	≈ 12 ^h
Atlas	80×60×40	137 700	14 ^h 25 ^m 44 ^s
1980 S27	140×100×80	139 400	14 ^h 42 ^m 43 ^s
1980 S26	110×100×70	141 700	15 ^h 05 ^m
Epimetheus	140×120×100	151 422	16 ^h 39 ^m 48 ^s
Janus	220×200×160	151 472	16 ^h 40 ^m 22 ^s
Mimas	392	185 600	22 ^h 37 ^m 03 ^s
Mimas B	10	185 600	22 ^h 37 ^m
Enceladus	500	238 100	1,3702 ^d
Tethys	1050	294 700	1,8878 ^d
Kalypso (Tethys B)	34	294 700	1,8878 ^d
Telesto (Tethys C)	34	294 700	1,8878 ^d
Tethys D	15	294 700	1,8878 ^d
1980 S34	15	350 000	2,44 ^d
Dione	1120	377 500	2,7369 ^d
Dione B	36	377 500	2,7369 ^d
Dione C	20	377 500	2,7369 ^d
1981 S9	15	470 000	3,8 ^d
Rhea	1530	527 200	4,5175 ^d
Titan	5150	1 221 600	15,9454 ^d
Hyperion	360	1 489 000	21,2767 ^d
Japetus	1450	3 560 100	79,3308 ^d
Phoebe	200	12 950 000	550,33 ^d
URANUS			
1986 U7	30	49 300	7 ^h 55 ^m
1986 U8	20	53 300	8 ^h 55 ^m
1986 U7	40	49 700	8 ^h 02 ^m
1986 U8	50	53 800	9 ^h 03 ^m
1986 U9	50	59 200	10 ^h 26 ^m
1986 U3	60	61 750	11 ^h 06 ^m
1986 U6	60	62 700	11 ^h 23 ^m
1986 U2	80	64 600	11 ^h 54 ^m
1986 U1	90	66 090	12 ^h 19 ^m
1986 U4	60	69 920	13 ^h 24 ^m
1986 U5	60	75 300	14 ^h 59 ^m
1985 U1	170	86 000	18 ^h 17 ^m
Miranda	480	130 100	1,414 ^d
Ariel	1160	191 800	2,52 ^d
Umbriel	1190	267 300	4,144 ^d
Titania	1610	438 700	8,706 ^d
Oberon	1550	586 600	13,463 ^d
NEPTUN			
Triton	2720	355 000	5,9 ^d
Nereide	300	5 560 000	359,42 ^d
sowie 6 weitere Kleinmonde			
PLUTO			
Charon	1200	20 000	6,39 ^d

ner ausgestorbenen Zivilisation sein könnten. Wie in allen ähnlichen Fällen zerstörten amerikanische Raumsonden auch diese Hoffnung, in unserem Sonnensystem Spuren außerirdischen Lebens zu finden. Die beiden Marsmonde sind nichts anderes, als längliche, kartoffelförmige Felsbrocken. Wie unser Erdbegleiter wurden sie vor Urzeiten von großen und kleinen Meteoriten getroffen und zeigen Einschlagskrater. Phobos, der innere, 27 km lange Marsmond, umkreist seinen Planeten in nur 7½ Stunden und zeigt dem Mars, genau wie Deimos, immer dieselbe Seite. Neben der für fast alle Monde typischen Kraterlandschaft weist Phobos gewaltige Risse und Rillen auf. Diese sind wahrscheinlich auf Gezeitenkräfte zurückzuführen, die versuchen, den Mond zu zerreißen. Deimos ist nur rund 15 km lang und hat eine glattere Oberfläche als Phobos, da eine dicke Staubschicht viele kleinere Krater zugedeckt hat. Auch bei den Marsmonden weiß man nicht sicher, ob sie zusammen mit ihrem Planeten entstanden oder später von diesem eingefangen worden sind. Wahrscheinlich waren sie einmal unabhängige Kleinplaneten.

Als der große italienische Astronom und

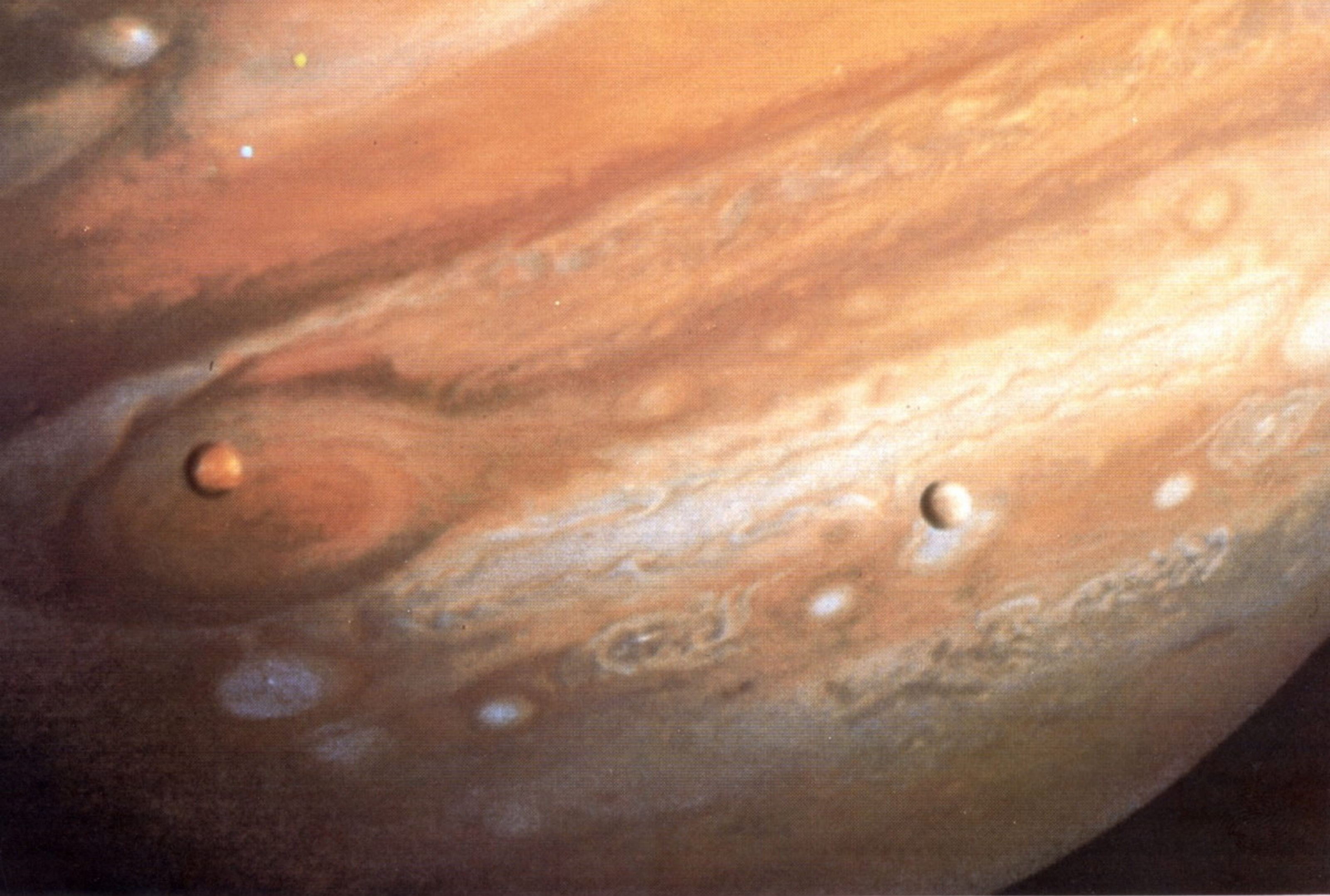
Was weiß man heute von den Jupitermonden?

Physiker Galileo Galilei 1609 erstmalig mit einem Fernrohr Mond und Sterne beobachtete, fielen ihm

bei Jupiter sofort vier kleine Lichtpunkte auf, die sich um den Planeten bewegten und sehr bald als Monde gedeutet wurden. Mit einem Schlag war unser Sonnensystem um vier Himmelskörper erweitert, damals eine unglaubliche Sensation und Herausforderung an das starre Denken der Menschen. Heute kennen wir 16 Jupitermonde, aber sicher gibt es noch viel mehr Begleiter des

Riesenplaneten, der ja nebenbei, ähnlich wie Saturn, auch noch einen Ring aus Kleinstmonden besitzt. Knapp über dem Wolkenmeer des Jupiter kreisen 4 kleine Trabanten, die man, was Form und Größe anbelangt, mit den beiden Marsmonden vergleichen kann. Der größte von ihnen heißt Amalthea und ist rund 200 km lang.

Einer der interessantesten Himmelskörper des gesamten Sonnensystems ist Io, der erste der vier großen galiläischen Monde. Sein merkwürdiges Aussehen hat ihm den Namen „Pizzamond“ eingebracht. Leider sieht seine Oberfläche aber nur aus wie Tomatenmark, Käse und Oliven. Der rote Jupiterbegleiter ist mit Schwefel, Schwefeldioxid und Salzen bedeckt. Während die Kraterlandschaft unseres Mondes Milliarden von Jahren alt ist, ändert sich das Aussehen von Io fast täglich. Gewaltige Vulkanausbrüche sorgen dafür, daß die Oberfläche des Mondes ununterbrochen durch Lavaströme und Aschenregen verändert wird. Zunächst war man ratlos! Wie konnte dieser Himmelskörper innen so heiß sein, wo es doch bei unserem Mond oder dem Mars schon seit Milliarden von Jahren keinen Vulkanismus mehr gibt. Inzwischen ist das Rätsel wohl gelöst. Io wird auf seiner Bahn regelmäßig durch die Störeinflüsse des nächst äußeren Mondes Europa von Jupiter weggezerrt und kehrt dann wieder auf die ursprüngliche Distanz zurück. Diese Beule in der Bahn des Io bewirkt eine Änderung der Gezeitenkräfte auf dem Mond. Dieser wird also dauernd auseinandergezogen und gestaucht, man könnte auch sagen, „durchgewalkt“. Dadurch entsteht Reibungswärme, die den Schwefel und einige andere Stoffe unter der Io-Oberfläche aufheizt und unter hohem Druck in Form von Lava aus Spalten, Rissen und Vulkankegeln austreten läßt. Bis zu 250 km hoch wird das Material manchmal ge-

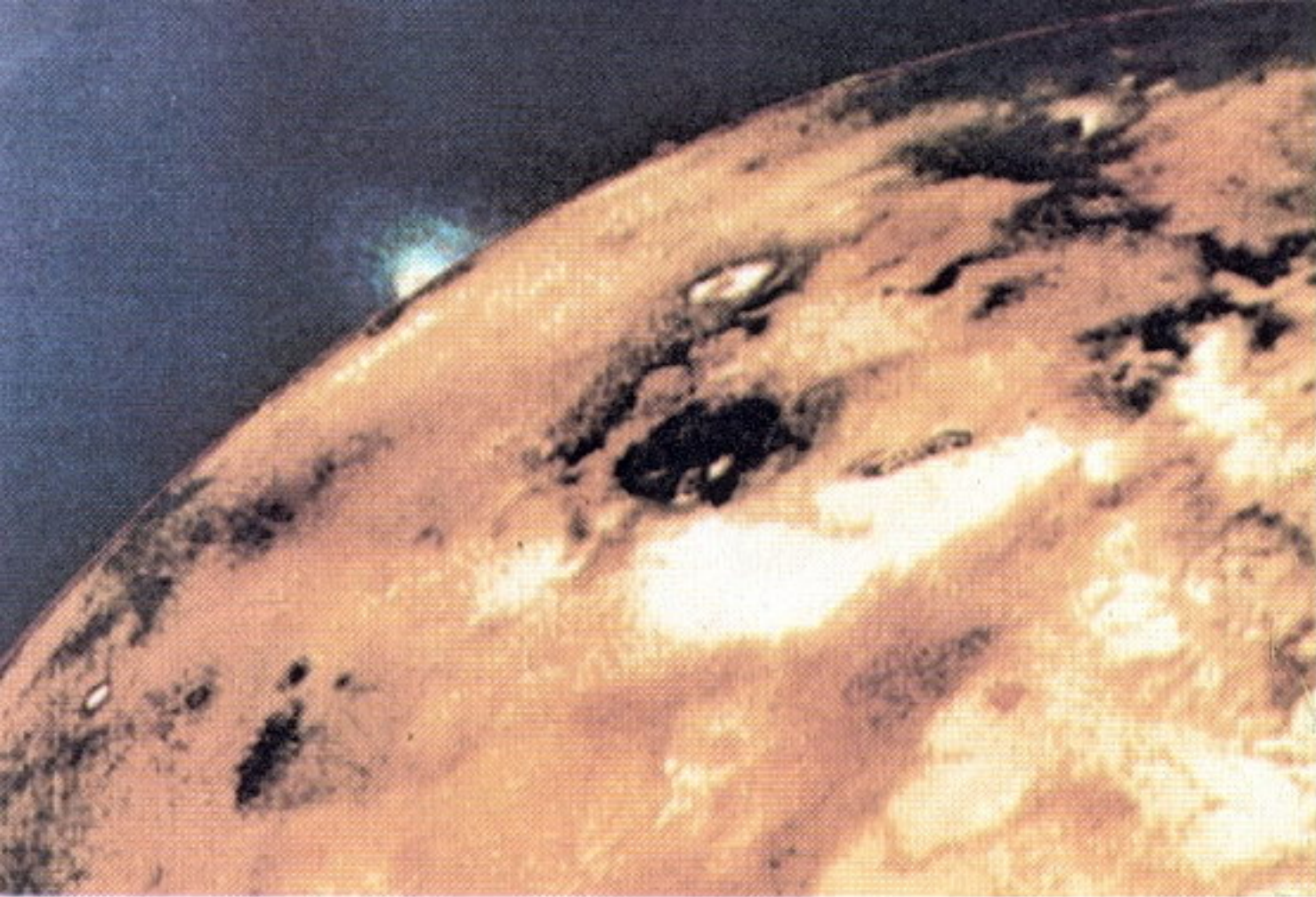


Der von gewaltigen Wolkenmassen bedeckte Riesenplanet Jupiter mit seinen Monden Io (rot) und Europa.

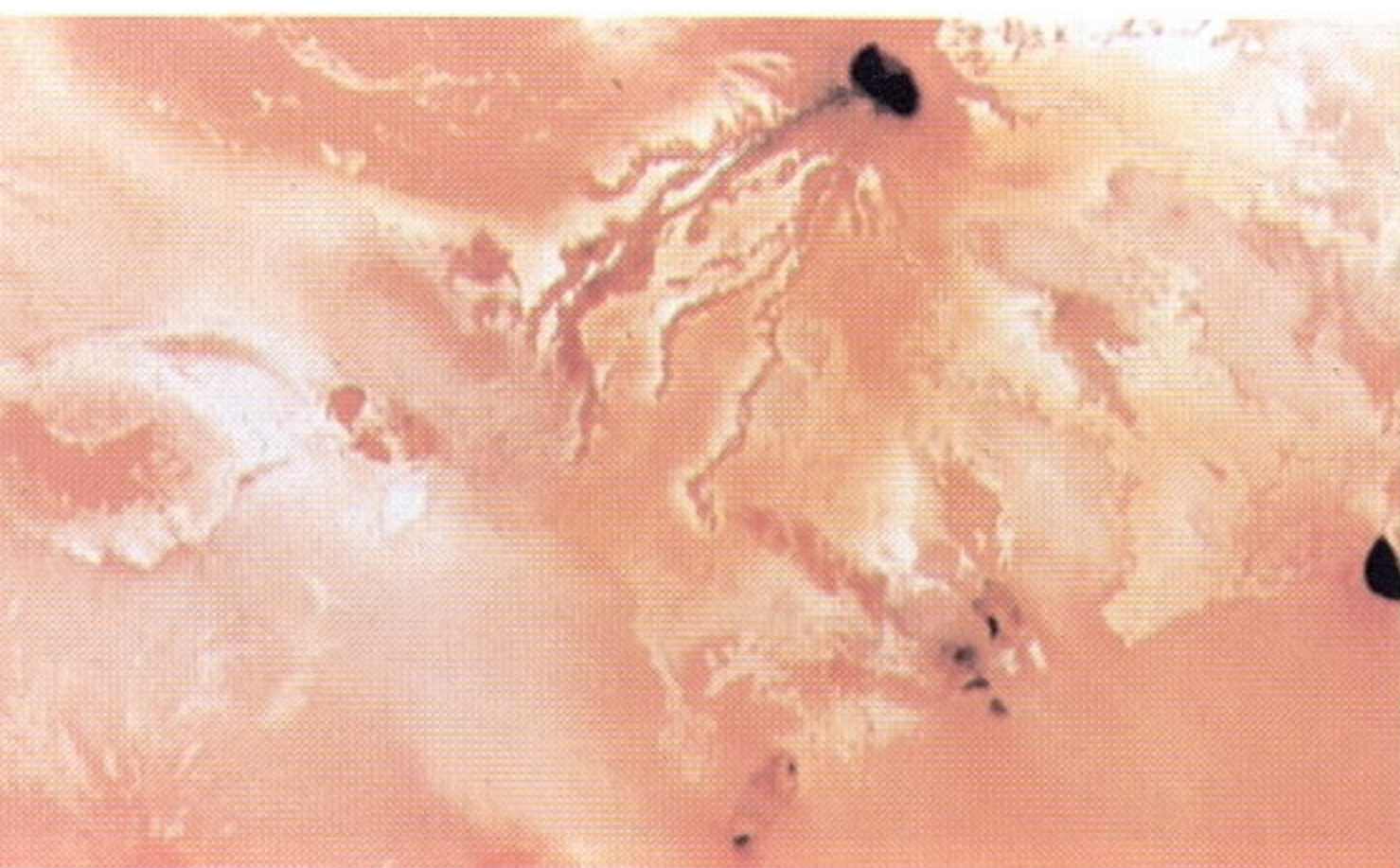
schleudert, tagtäglich treten Änderungen im Landschaftsbild von Io auf. Ganz anders sieht Europa, der zweite Jupitermond aus. Er ist völlig eisbedeckt, sozusagen eine einzige Gletscherlandschaft. Tiefe Risse im Eis erinnern ein wenig an die irdischen Gletscherspalten. Der Mond ist glatt wie eine Billardkugel. Es gibt also keinerlei schattenwerfende Berge oder Kraterränder. Ganymed, der größte der galiläischen Monde, besteht wahrscheinlich aus einem Gemisch von Eis und Gestein, das von einer dünnen Kruste dunklen Materials bedeckt ist. Diese Schicht wurde häufig von Meteoriten durchschlagen, und aus den Kratern wurde das darunterliegende Eis herausgeschleudert. Ein wenig erinnern die Eiskrater an die Strahlensysteme auf unserem Mond, die jedoch aus hellem Staub bestehen.



Der Jupitermond Io erinnert an eine Pizza.



Am Rand des Jupitermondes Io erkennt man einen gewaltigen Vulkanausbruch. 200 km hoch steigt ausgeworfenes Material empor.



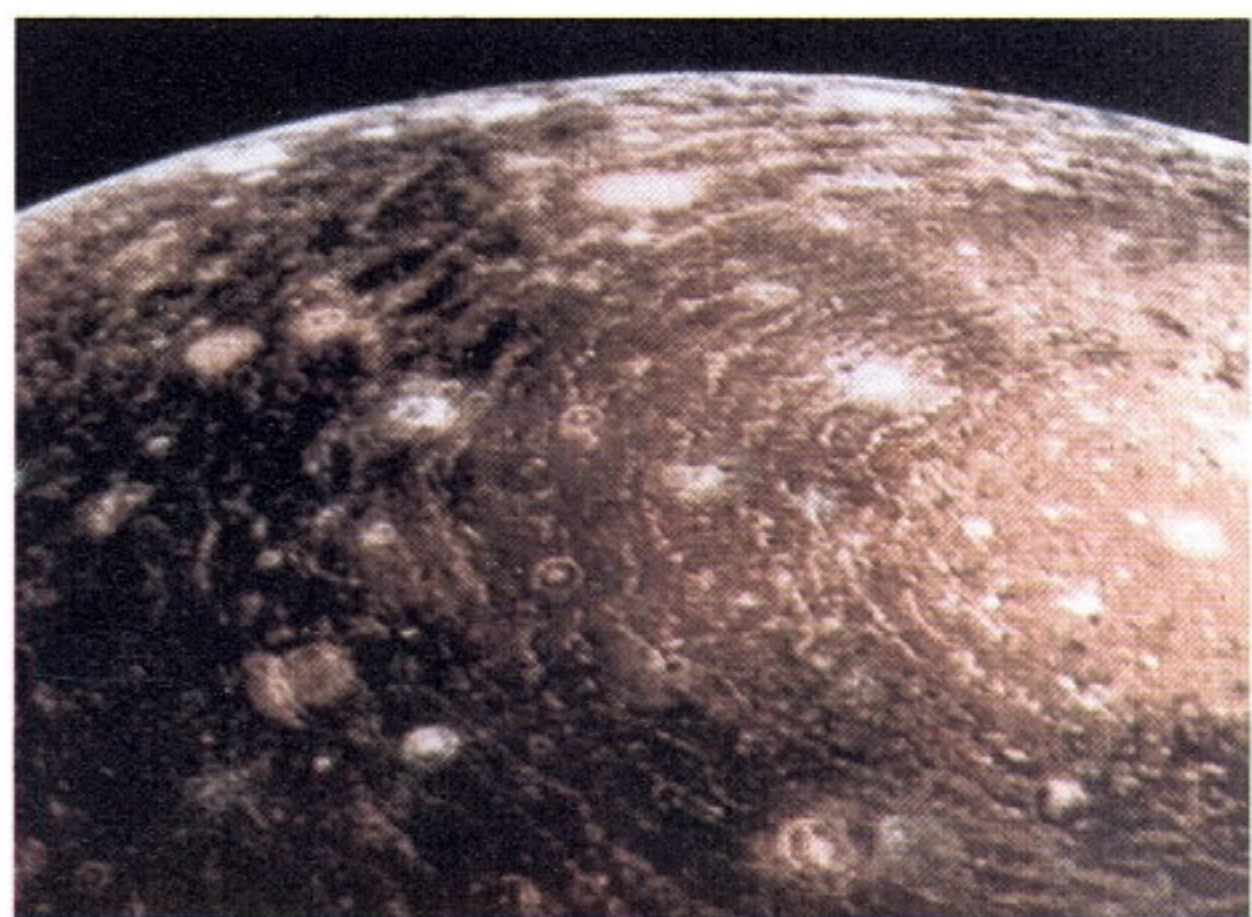
Schwefelhaltige „Lava“ fließt aus einem Krater zu Tal.



Der Jupitermond Europa ist von Pol zu Pol mit Eispanzern überzogen.



Ganymed, der größte Jupitertrabant, zeigt Krater, aus denen frisches Eis ausgeschleudert wurde. Es befand sich unter einer Gesteinsschicht.

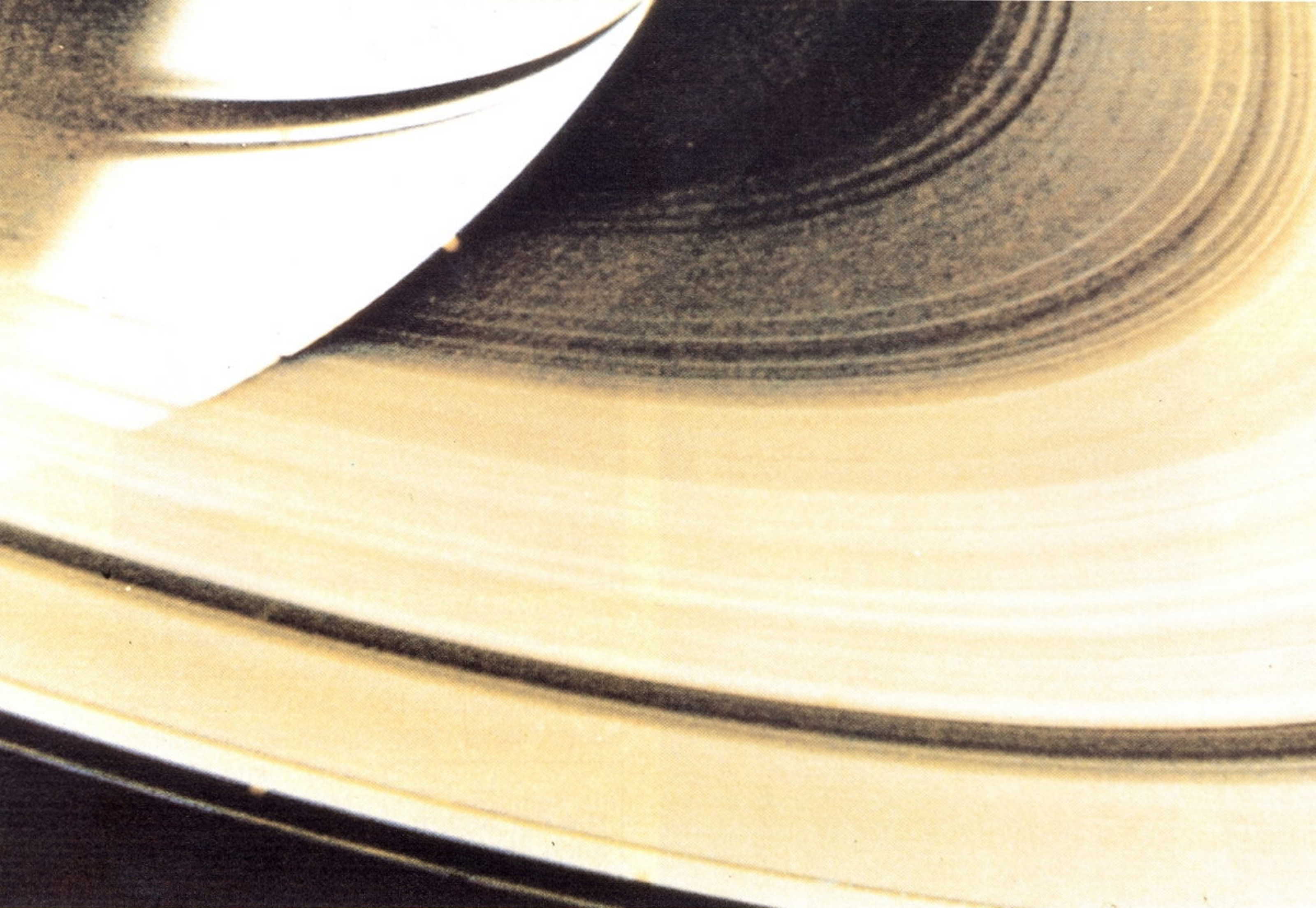


Bei Kallisto fällt neben Eiskratern vor allem ein riesiges Einschlagbecken auf.

Kallisto, der äußerste der vier großen Monde, ist ähnlich aufgebaut wie Ganymed, zeigt jedoch ein gewaltiges Einschlagbecken mit konzentrischen Ringen. Auch hier tritt aus vielen Kratern frisches Eis aus.

Die vier galiläischen Monde kann man schon mit einem großen Feldstecher beobachten, wenn man diesen aufstützt oder auf einem Stativ montiert. Besser ist natürlich ein kleines Fernrohr. Täglich treten Monde in den Jupiterschatten, laufen über den Planeten hinweg oder werfen ihren eigenen Schatten auf die Jupiterwolken.

Ganz weit außen umkreisen noch zwei Vierergruppen von Kleinmonden den Riesenplaneten. Während Io, Europa, Ganymed und Kallisto zum Teil größer als unser Mond sind, haben ihre äuße-



Die Saturnringe bestehen aus Milliarden von kleinen Monden. Man zählt über 1000 Einzelringe, deren Zustandekommen noch viele Rätsel aufgibt.

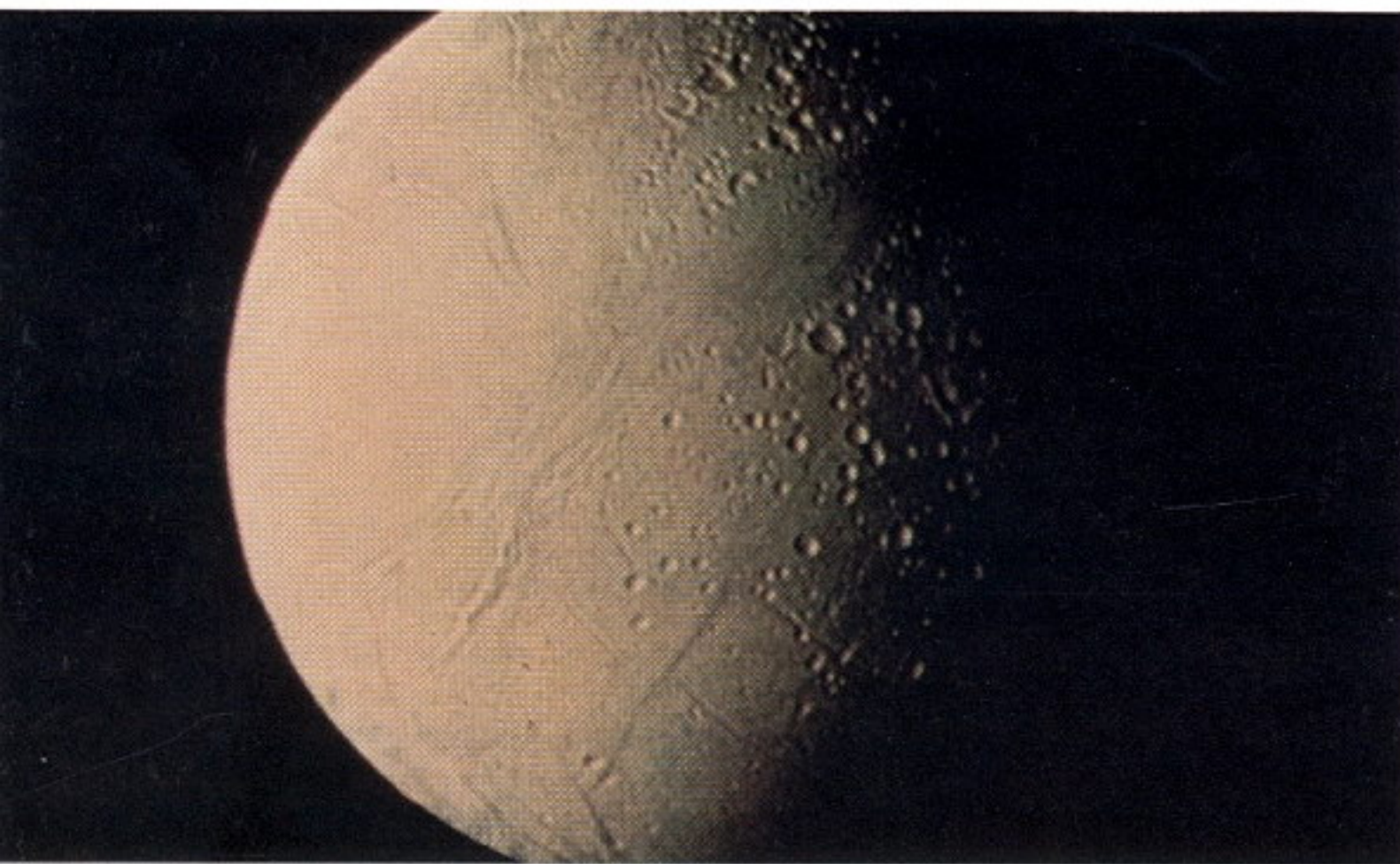
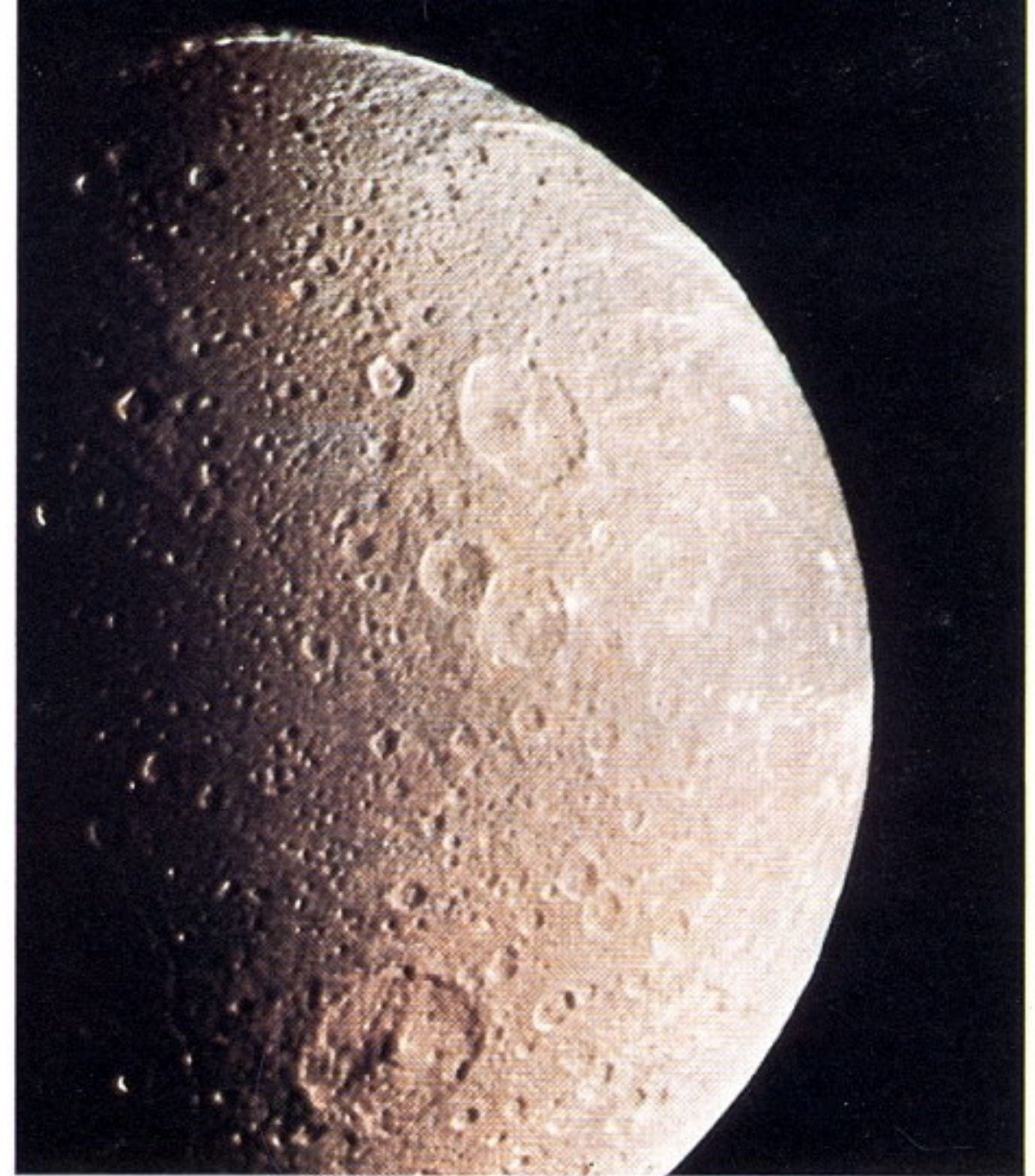
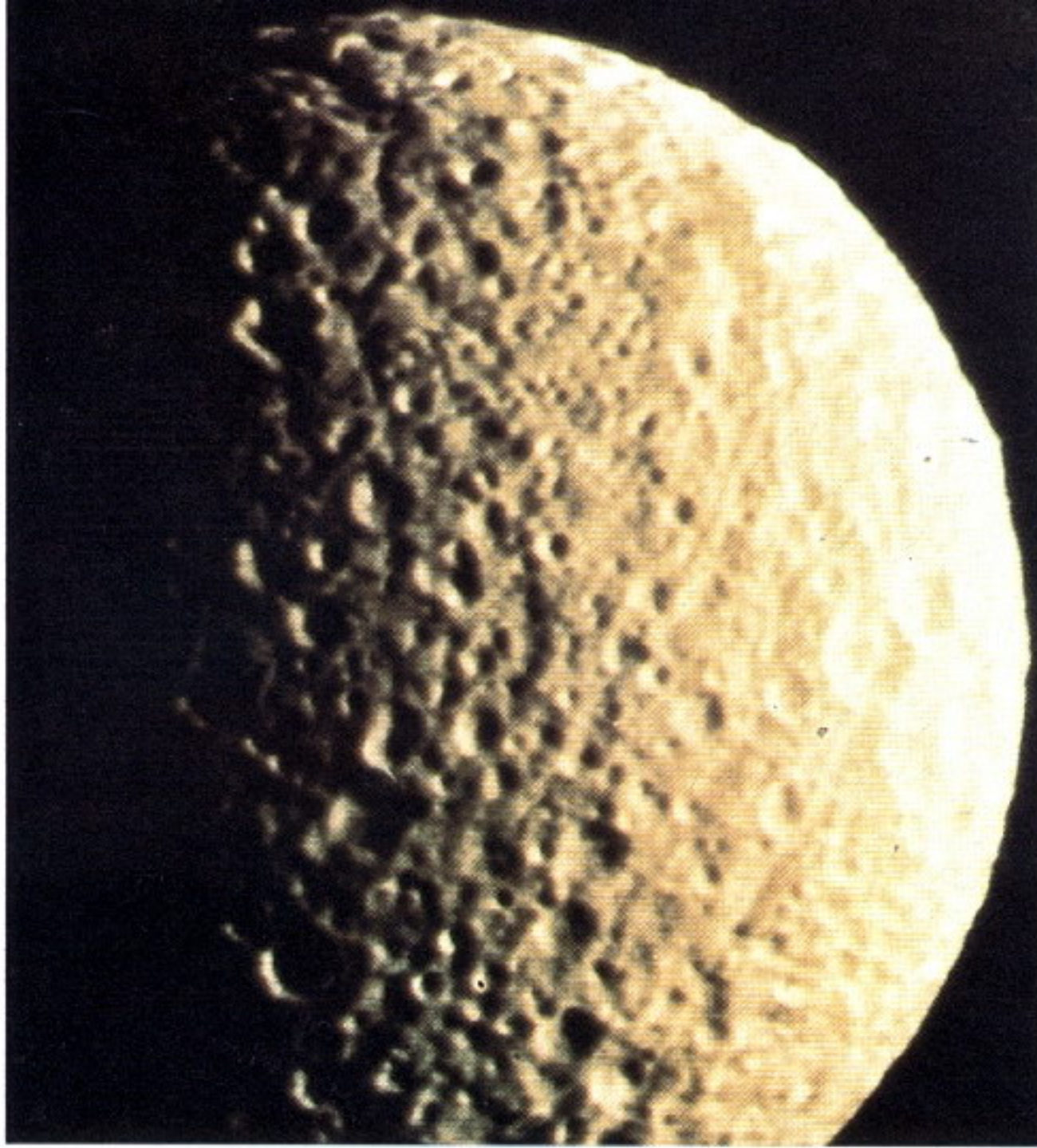
ren Geschwister nur Durchmesser von 10–170 km. Merkwürdigerweise erhitzt die Frage nach der genauen Zahl der Jupitermonde die Gemüter oft mehr als wichtigere astronomische Probleme wie Sternentstehung oder Ausdehnung des Weltalls. Zählt man alle Ringteilchen mit, so sind es sicher Milliarden von Himmelskörpern, die den größten Planeten des Sonnensystems umkreisen.

Der zweitgrößte Planet, Saturn, hat das

**Aus was
bestehen die
Saturnringe?**

wohl schönste Ringsystem. Es besteht aus über 1000 Unterringen. Früher glaubte man, es handle sich hier um die Bruchstücke eines ehemaligen Mondes, der dem Saturn zu

nahe kam und zerrissen wurde. Heute nimmt man an, daß die Ringteilchen von jeher da waren und sich wegen ihrer Saturnnähe nie zu größeren Monden zusammenschließen konnten. Sicher ist, daß die Ringe aus Milliarden von kleinen Monden bestehen, Brocken aus Fels und Eis mit Durchmessern von einigen Millimetern bis zu einigen Metern. Das Ringsystem hat einen Durchmesser von 280 000 km, aber nur eine Dicke von etwa 500 m. Steht der Saturn so, daß man genau auf die Ringkante blickt, so ist der dünne Ring nicht zu erkennen. Ansonsten ist es aber leicht, im Fernrohr die wichtigsten Ringgruppen „A und B“ zu sehen, die deutlich voneinander getrennt sind. Allerdings ist 50fache Vergrößerung erforderlich, so daß der Saturn kein Feldstecherobjekt ist.



Die Saturnmonde Mimas, Enceladus, Tethys und Rhea (links von oben nach unten), Dione (oben).

Kein Planet hat eine so vielfältige

**Hat der Saturn
auch große
Monde?**

und interessante
Mondfamilie wie
Saturn. Neben
dem herrlichen
Ringsystem hat
man bei diesem

Planeten bisher 23 Monde entdeckt, aber sicher gibt es noch mehr. Besonders schöne Aufnahmen besitzen wir von den größten Saturnbegleitern Mimas, Enceladus, Tethys, Dione und Rhea. Sie sind alle aus Fels- und Eisgemischen aufgebaut und zeigen Einschlagskrater, zum Teil mit Zentralbergen, wie wir sie bei unserem Mond kennengelernt haben. Der größte Saturnmond, Titan, den man auch von der Erde aus mit einem kleinen Fernrohr beobachten kann, zeigt eine absolute Einmaligkeit: Er hat eine dichte Atmosphäre. Wie unsere irdische Luft-hülle besteht diese hauptsächlich aus Stickstoff. Der Bodendruck ist etwas höher als der irdische Wert, die Oberflächentemperatur von -200°C läßt allerdings kein Leben zu. Die Ufo-Besatzungen, die kleinen grünen Männchen und ET, sind, falls es sie gibt, bestimmt nicht auf Titan zu Hause!

Neben den großen Monden hat Saturn

**Was sind
Schäferhund-
monde?**

viele interessante kleine Begleiter. Außerhalb des eigentlichen Ring-systems ist noch ein schmaler Ring,

der den Buchstaben „F“ bekam. Die Teilchen dieses F-Ringes werden von zwei kleinen Monden zusammengehalten, von denen der eine knapp innerhalb, der andere etwas außerhalb des Ringes kreist. Wie zwei Schäferhunde sorgen diese beiden Monde (1980 S 26 und S 27) dafür, daß die Herde, die in diesem Fall aus den Ringteilchen besteht, zusammenbleibt. Man hat die beiden kleinen Saturnsatelliten, die übrigens nur 110 und 140 km lang sind, daher liebevoll die „Schäferhundmonde“ genannt.

Zwei andere Kleinmonde (Epimetheus und Janus) haben fast dieselbe Bahn und tauschen von Zeit zu Zeit ihre Plätze, so daß einmal der eine, dann wieder der andere Satellit weiter vom Saturn entfernt ist. Die Monde Mimas B, Tethys B, C, D und Dione B, C haben dieselben Bahnen wie die Großmonde gleichen Namens, laufen diesen aber 60° voraus oder 60° hinter ihnen her. Diese Erscheinung wurde vom französischen Mathematiker Lagrange lange vor dem Raumfahrtzeitalter vorausgesagt.

Weit entfernt von allen anderen Saturnbegleitern umkreist Phoebe den Ringplaneten. Hier vermutet man, daß es sich wirklich um einen eingefangenen Kleinplaneten handelt.

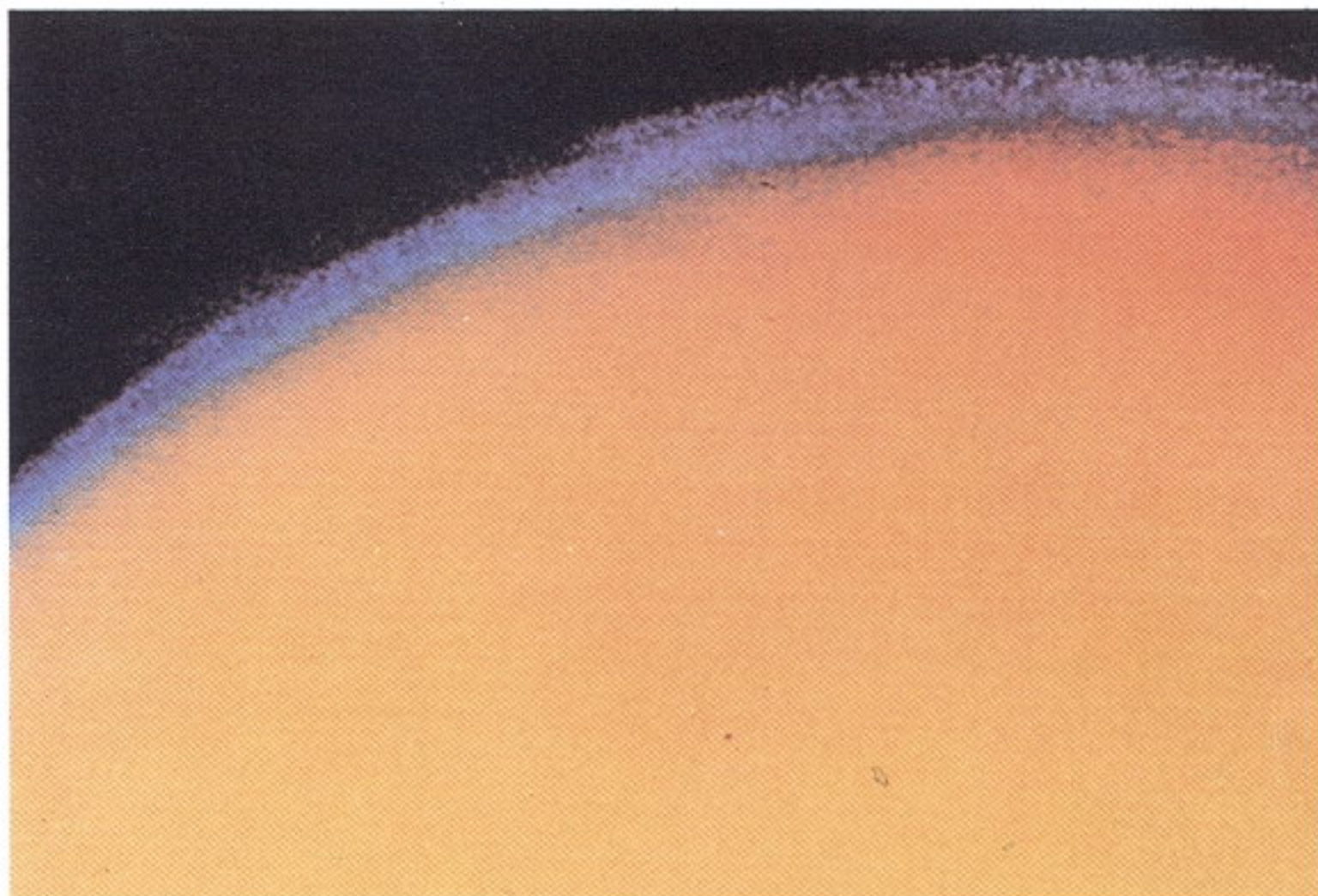
Im Jahre 1986 erreichte die Raumsonde

**Haben auch
Uranus und
Neptun Monde?**

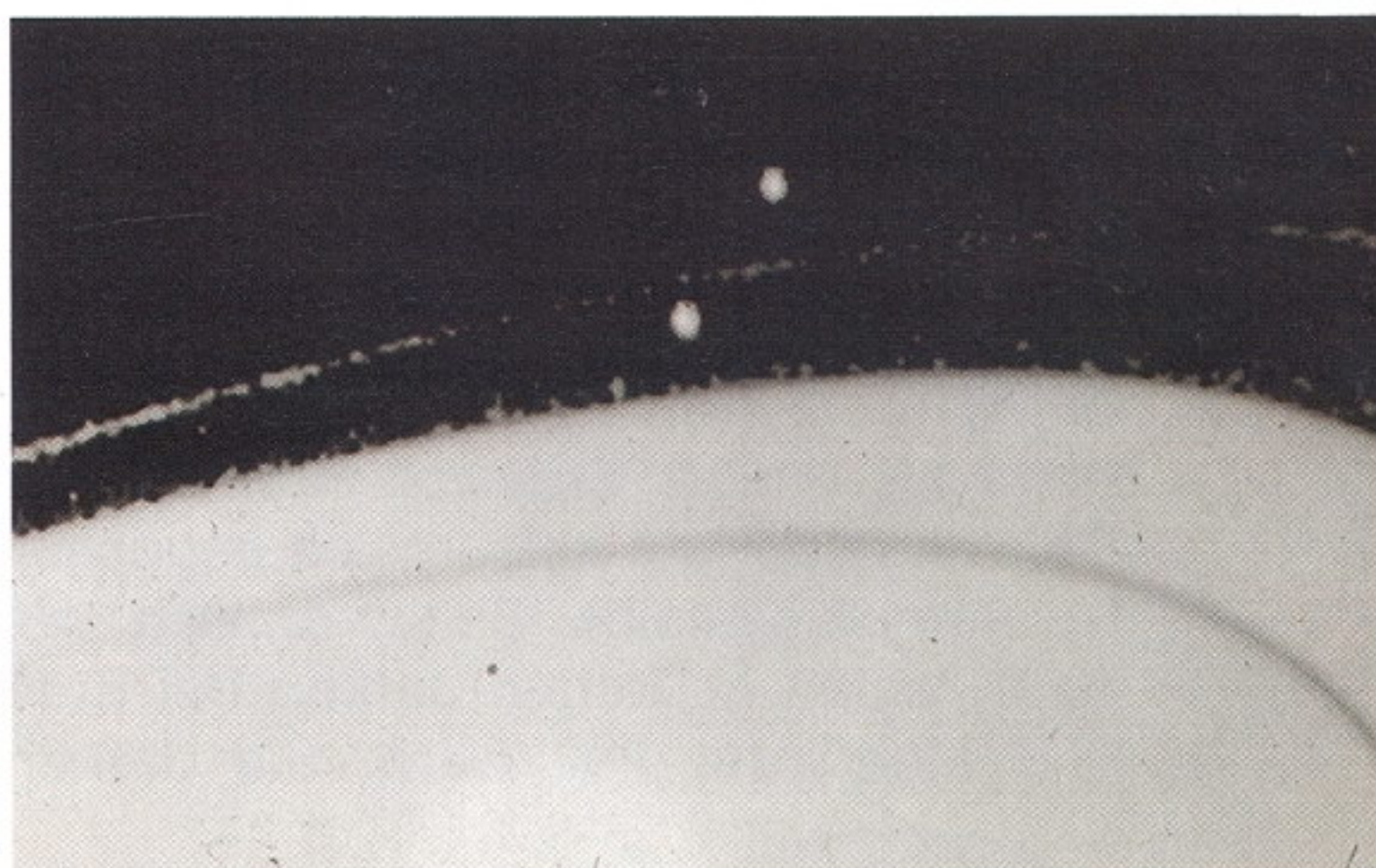
Voyager 2 den Uranus, 1989 schließlich den fernen Neptun. Sie entdeckte 10 neue Uranus- und 6

weitere Neptunmonde, so daß diese

Planeten jetzt 15 bzw. 8 bekannte Trabanten haben. Auch Ringsysteme wurden entdeckt. Uranus hat 11, Neptun mindestens 3 Einzelringe, die aus einem sehr dunklen Material bestehen.



Der Saturnmond Titan hat eine dichte Atmosphäre. Für Leben ist seine Oberfläche zu kalt.



Die beiden Schäferhundmonde halten ihre „Herde“, die Teilchen des F-Ringes, zusammen.

Unten: Uranus (l) und Neptun (r) mit einigen ihrer Monde im Fernrohr.



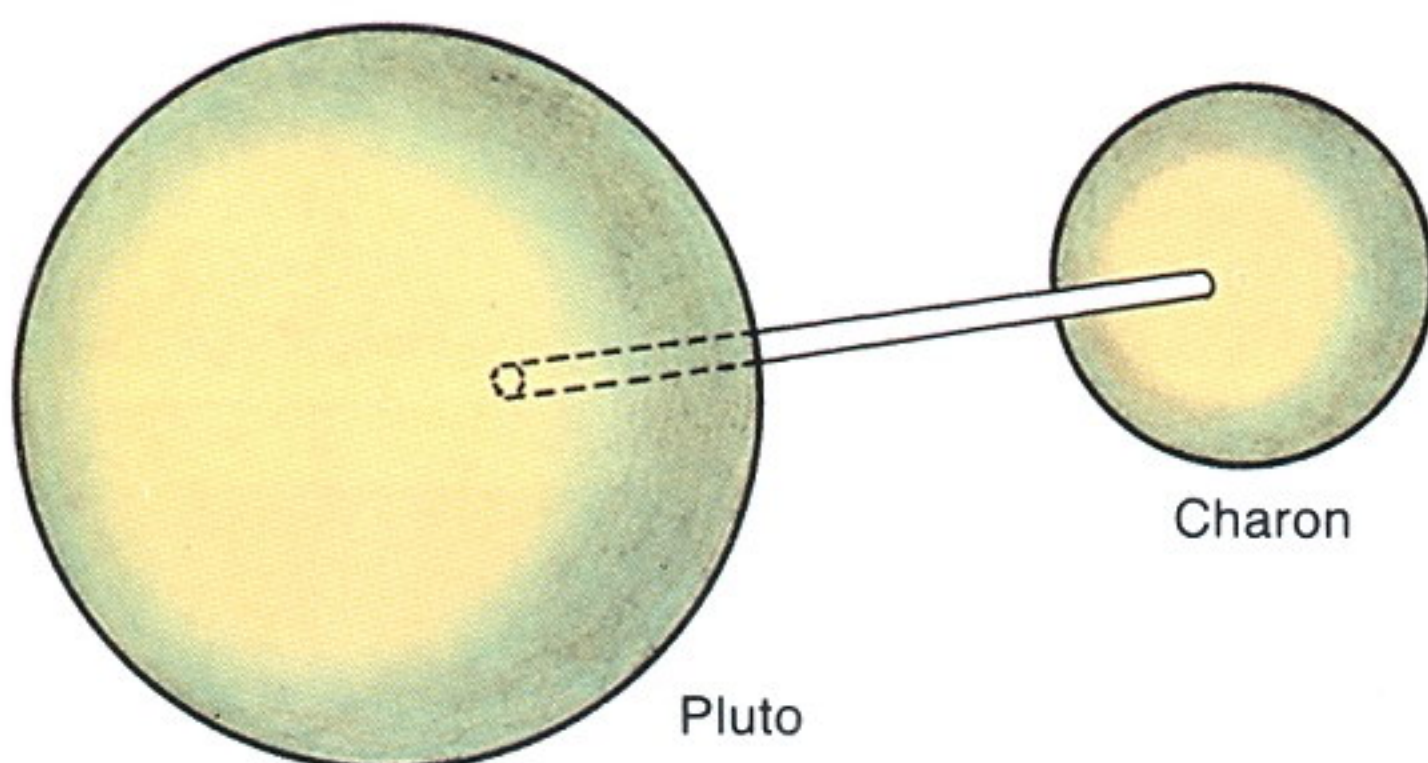


Der ferne Planet Pluto hat einen Mond

**Ist die Erde
der einzige
Doppelplanet?**

namens Charon, der mit 1200 km Durchmesser halb so groß ist wie sein Planet. Das Pluto-system verdient

daher den Namen Doppelplanet viel mehr als unsere Erde mit ihrem Mond! Charon und Pluto zeigen sich gegenseitig immer dieselbe Seite, ähnlich wie es in vielen Milliarden Jahren bei Erde und Mond der Fall wäre. Sie drehen



Pluto und Charon zeigen sich gegenseitig immer dieselbe Seite, so als wären sie mit einer Stange verbunden.

Unser Milchstraßensystem hat 200 Milliarden Sonnen. Allein bei den 10 000 Sternen auf diesem Bild gibt es sicher 100 000 Planeten und Monde zu entdecken.

sich also wie zwei Kugeln einer starren Hantel umeinander. Ob die beiden Himmelskörper allerdings abgesprengte Neptunmonde sind, wird man wohl nie ergründen.

Im ganzen Universum herrschen die-

**Gibt es überall
im Weltall
Monde?**

selben Naturgesetze, nach denen Sterne und Sonnensysteme, Planeten und Monde entstehen. Die Bil-

dung neuer Sonnen- und Planetensysteme kann man an vielen Stellen des Weltalls beobachten, auch glaubt man, bei einigen Nachbarsternen Planeten festgestellt zu haben. Sicher gibt es auch in den Tiefen des Alls viele Monde, die man jedoch wegen der gewaltigen Entfernungen selbst der nächsten Nachbarsonnen nie entdecken wird.