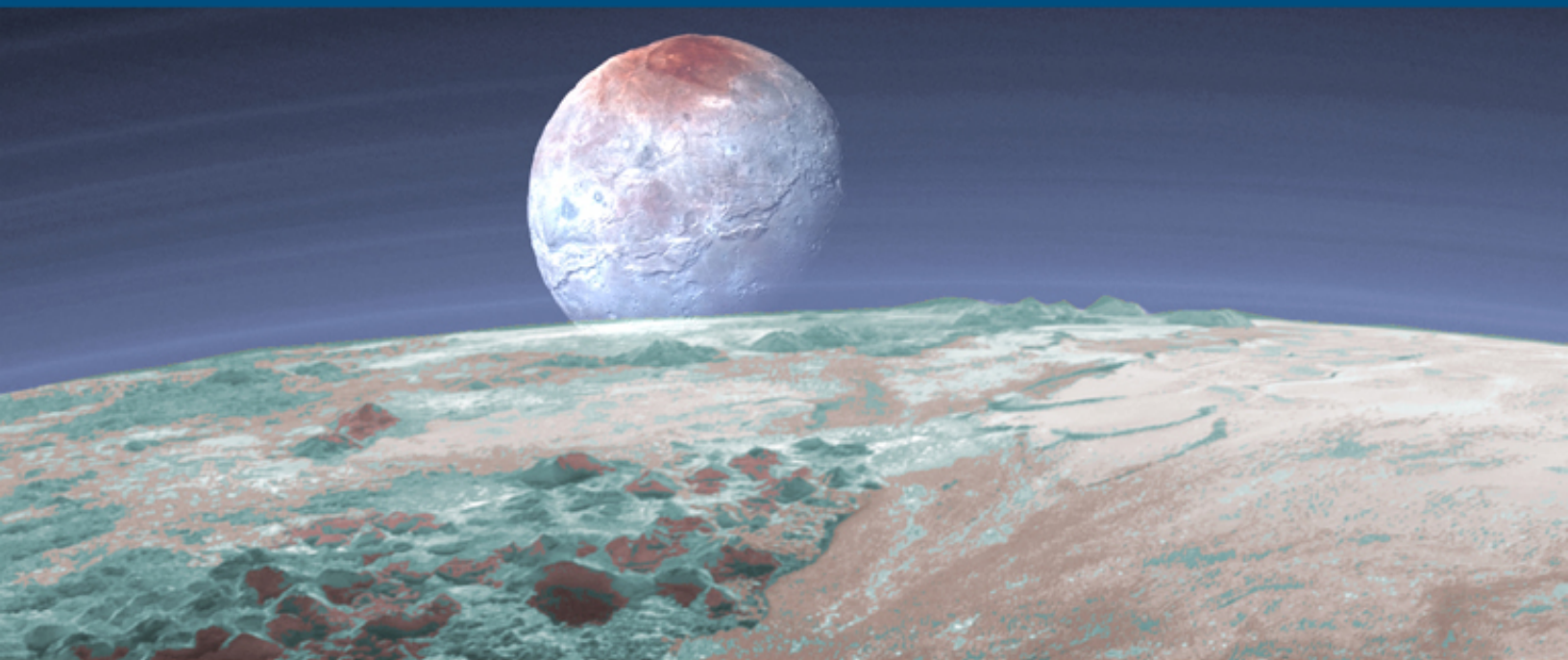


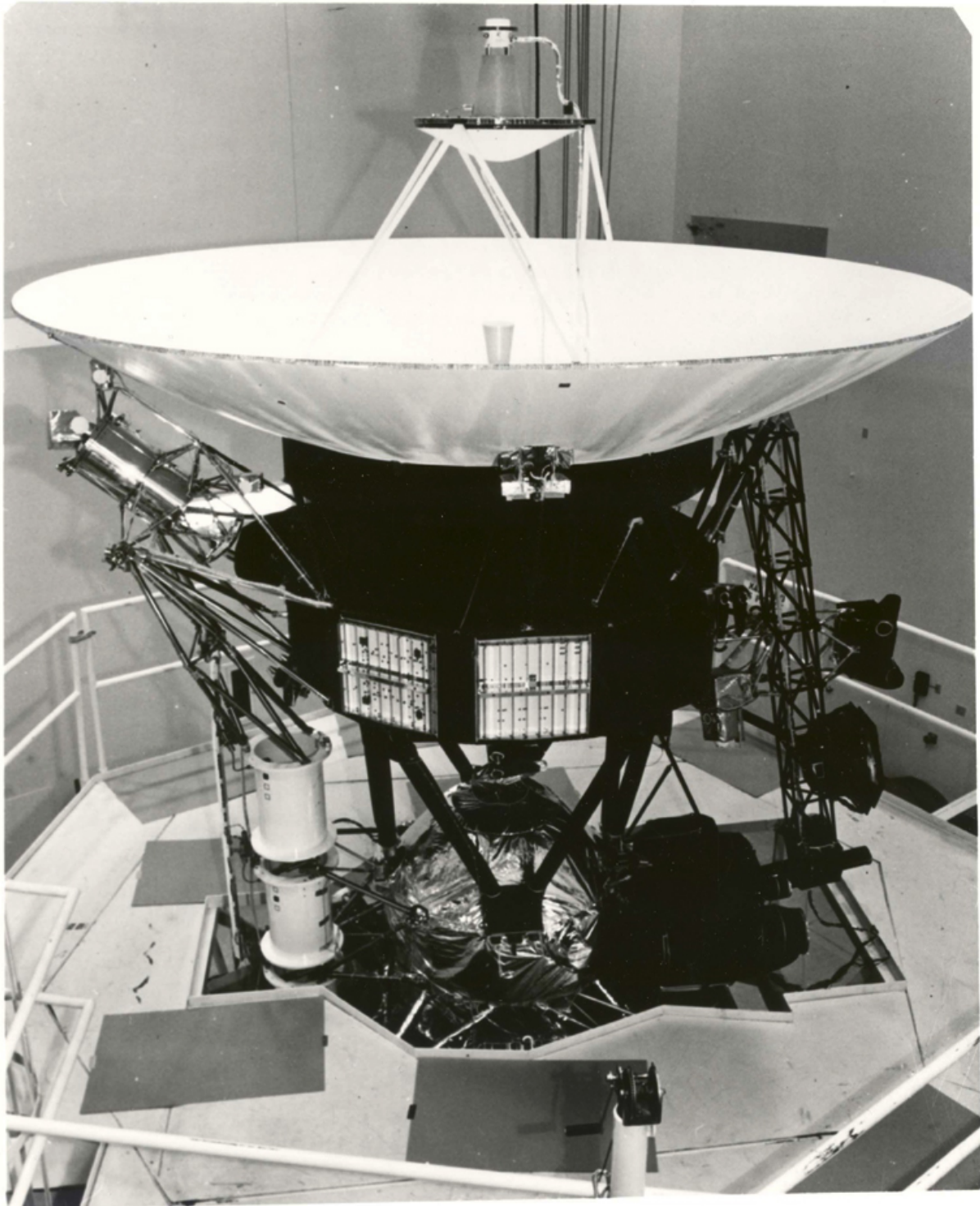
Bernd Leitenberger



# Fotosafari durchs Sonnensystem

Die schönsten Bilder unserer kosmischen  
Heimat





*1. Abbildung: Dieses Buch ist den Voyager Raumsonden gewidmet, die 1980 mit ihren fantastischen Bildern von Jupiter und Saturn mein Interesse an der Raumfahrt geweckt haben.*

# Inhaltsverzeichnis

Die Sonne

Merkur

Venus

Erde

    Der Mond

Mars

    Phobos

    Deimos

Jupiter

    Ringe, Metis, Thebe, Adastrea und Amalthea

    Io

    Europa

    Ganymed

    Kallisto

Saturn

    Ringe

    Ringmonde und kleine Satelliten

    Mimas

    Enceladus

    Tethys

    Dione

    Rhea

    Titan

    Hyperion

    Iapetus

Phoebe

Uranus

Miranda

Ariel und Umbriel

Oberon und Titania

Neptun

Triton

Pluto

Charon

Kleine Himmelskörper

Halley

Tschurjumow-Gerassimenko

Tempel 1

Borelly, Wild 2, Hartley 2

Hale Bopp und Shoemaker Levy 9

Eros

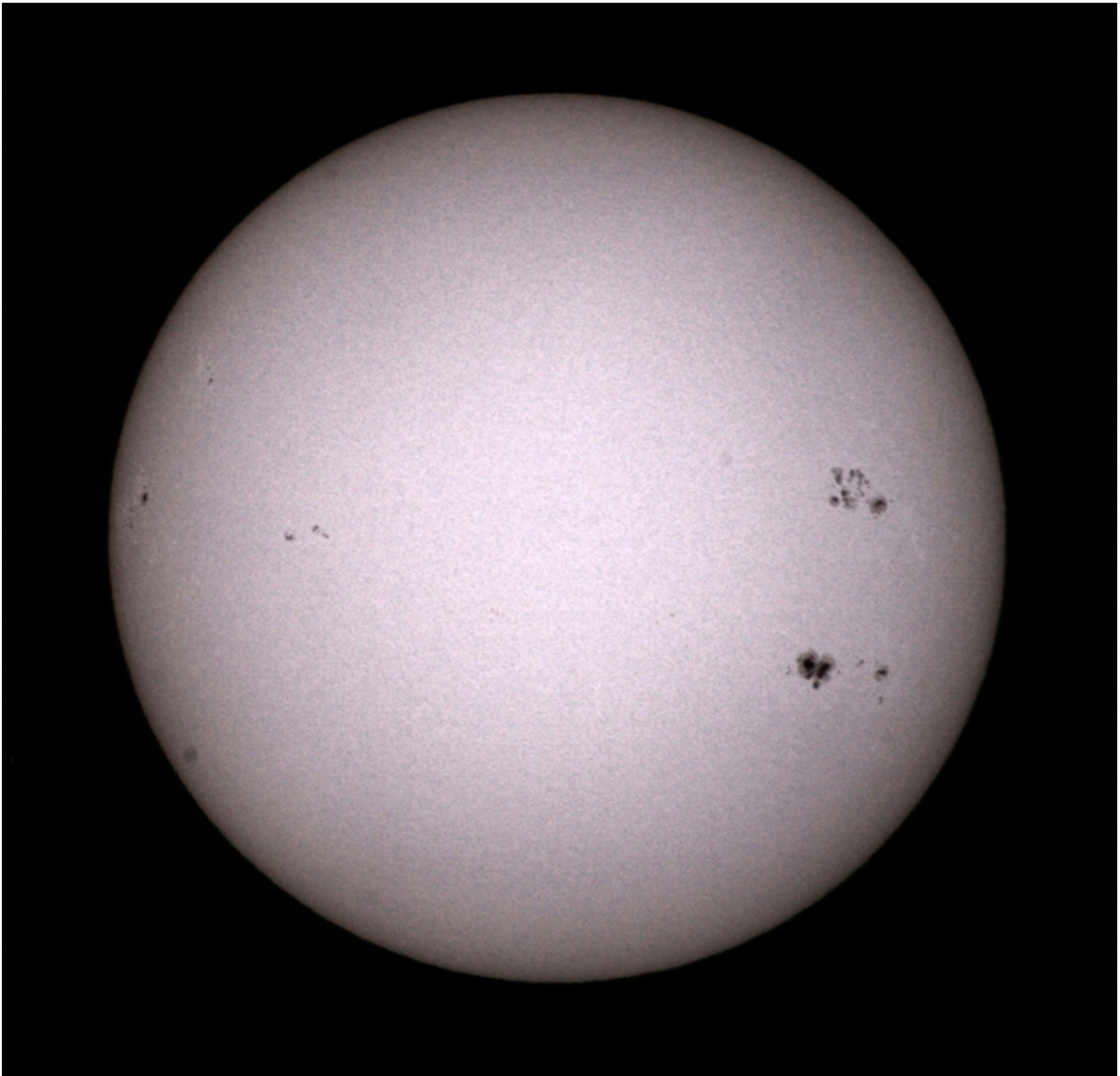
Itokawa

Vesta

Ceres

Weitere Asteroiden

Tabellarische Übersicht über die Planeten, Kometen und Asteroiden



*2. Abbildung: Die Sonne fotografiert im sichtbaren Licht durch einen Filter, der 99,99% des Lichts blockiert. Die schwarzen Flecken sind die Sonnenflecken. Die Granulation ist andeutungsweise erkennbar. Die Randabdunkelung ist ein optischer Effekt.*

# Die Sonne

Astronomisch betrachtet ist unsere Sonne ein durchschnittlicher Stern. Durchschnittlich, weil ihr Leben dem der meisten Sterne entspricht. Sie wird aus einer Gaswolke, die aus einer früheren Sternexplosion stammt, geboren. Die Gaswolke kollabiert, wenn die Wolke eine Mindestmasse überschreitet. Gase strömen zum Zentrum, meist forciert durch eine Schockwelle aus einer weiteren Sternexplosion. Überschreitet der sich im Zentrum bildende Körper eine Mindestdichte, so zündet das nukleare Feuer und der aufleuchtende Stern bläst das noch vorhandene Gas hinweg. Bis dahin haben auch die Protoplaneten Zeit sich zu formieren und flüchtige Elemente zu sammeln. Danach wachsen sie nur noch durch Kollisionen mit kleineren Körpern.

Die Sonne leuchtet 7 Milliarden Jahre lang weitestgehend unverändert. Da sie schon 4,6 Milliarden Jahre alt ist, wird sie sich in den nächsten 2 Milliarden Jahren kaum verändern. Allerdings verbrennt sie in jeder Sekunde 560 Milliarden Tonnen Wasserstoff zu 556 Milliarden Tonnen Helium. Die Differenz der Masse wird als Energie abgestrahlt. Im Laufe der Zeit verarmt das Zentrum an Wasserstoff und durch den, mit geringerer Fusionsrate abnehmenden Druck, gibt der Kern der Gravitationskraft nach. Äußere Schichten rücken nach und dort setzt das **Wasserstoffbrennen** ein. Als Folge dehnt sich die Sonne aus und wird leuchtkräftiger. Die Sonne hat heute schon einen 10% größeren Durchmesser als bei ihrer Geburt und strahlt ein Drittel mehr Energie ab. Wenn in 2 Milliarden Jahren der Wasserstoff im Zentrum weitestgehend

verbraucht ist, bläht sie sich immer schneller auf und wird so groß, dass sie bis zur Merkurbahn reicht. Merkur wird verschluckt, die Erde zu einer glühenden Gesteinskugel. Es entsteht immer mehr Helium im Kern, der sich weiter verdichtet, bis das Helium zündet - auch **Helium fusioniert**, aber bei viel höherer Temperatur als der Wasserstoff. Kurzzeitig zieht sich die Sonne wieder zusammen und ihre Oberflächentemperatur steigt an. Das Helium ist noch schneller als der Wasserstoff verbraucht und nach 500 Millionen Jahren beginnt sie erneut sich aufzublähen, diesmal bis zur Venusbahn. Sie ist nun 10.000-mal so hell wie heute. Sie leuchtet rot, weil die Oberflächentemperatur von 5700 auf 2500 K abgesunken ist. Schließlich ist auch das Helium im Kern verbraucht. Ohne die Kernfusion fehlt der Druck, und der Kern kollabiert, bis die Abstoßung zwischen Elektronen und Protonen als Gegenkraft wieder den Kern stabilisiert. Er ist dann nur noch so groß wie die Erde, hat aber die Hälfte der Masse der Sonne. Die äußere Hülle wird abgestoßen und ist noch einige Tausend Jahre als planetarischer Nebel zu bewundern. Im Zentrum leuchtet der Kern, der anfangs noch sehr heiß ist, noch lange, aber nicht mehr sehr hell, denn er ist sehr klein. Die Sonne ist zu einem **weißen Zwerg** geworden. So ergeht es allen Sternen mit einer Masse bis zu 2,2 Sonnenmassen.

Unsere Sonne ist vom **Spektraltyp** G2, sie gehört nicht zu den massereichen Sternen. 7,6 % aller Sterne in der Milchstraße sind vom Spektraltyp G. Die meisten Sterne sind leuchtschwächer als die Sonne. Sie können länger existieren, da sie den Wasserstoff langsamer verbrauchen. Die Leuchtkraft und damit die Energieabgabe steigt exponentiell zur Masse an. Die massereichsten Sterne, etwa 100-mal so schwer wie die Sonne, leben nur einige Millionen Jahre. Dass unsere Sonne vom Typ G ist, ist für uns ein Glücksfall: Viel schwerere Sterne leben nicht lange genug,

damit auf Planeten höheres Leben entstehen kann. Bei viel kleineren Sternen sind die Temperaturen, bei denen Leben entstehen kann, wegen der geringeren Energieabgabe nur nahe beim Stern gegeben. Der Planet würde dann aber gebunden rotieren (siehe Mond) und starken Sonnenwinden ausgesetzt sein. Leben kann unter diesen Umständen nicht entstehen.

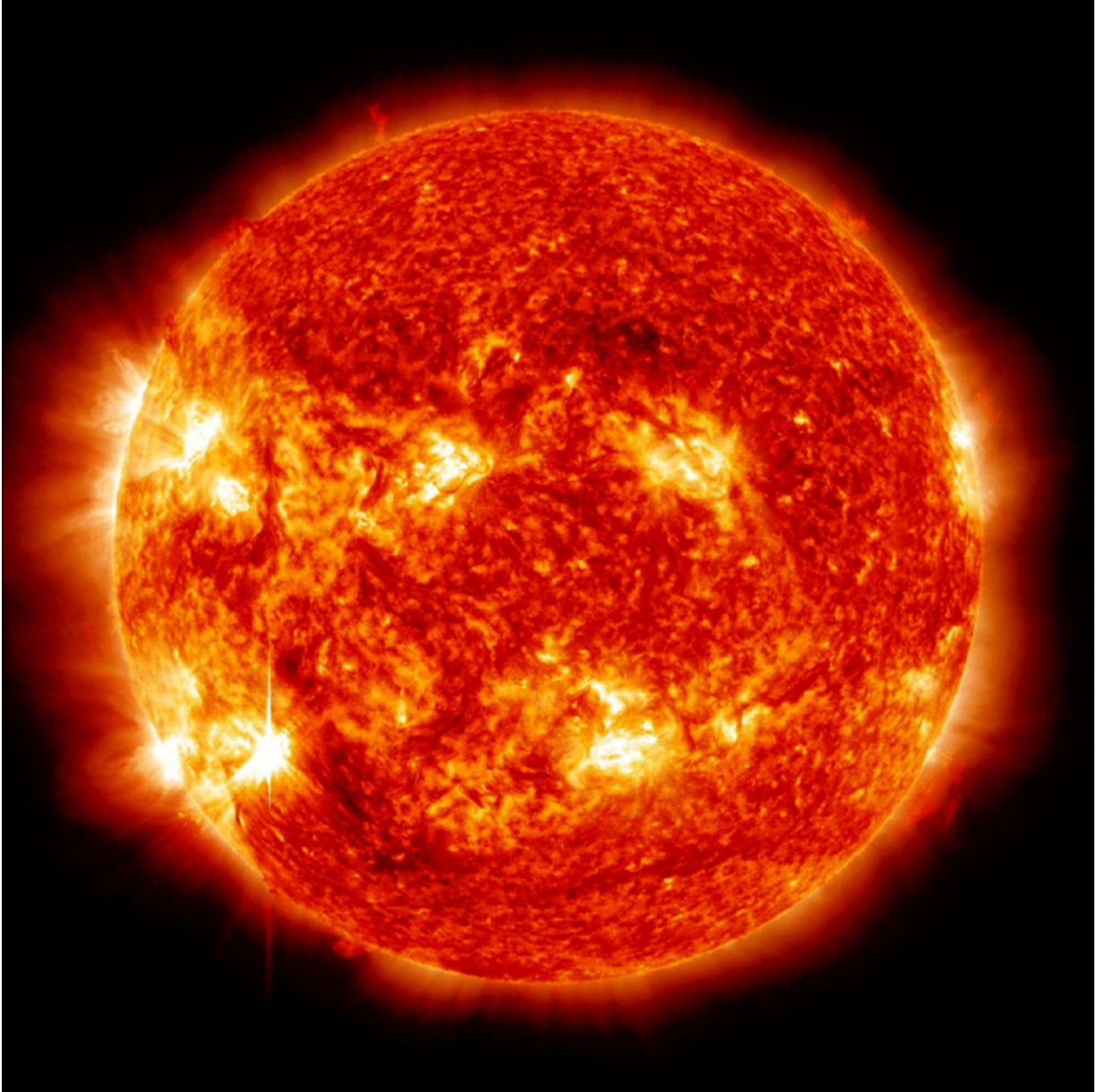
Das Foto zeigt die Sonne im sichtbaren Licht durch einen Filter aufgenommen, der die Helligkeit auf 1/10.000 reduziert. Dadurch geht die gelbe Farbe der Oberfläche verloren, man kann aber die **Granulation** der Oberfläche erkennen. Unter der Oberfläche steigt Materie in Blasen auf, an der Oberfläche gibt sie Energie ab, wird kühler und sinkt am Rand der Blase wieder ab, so bildet sich das granuläre Muster. Eine Blase hat einen Durchmesser von etwa 1.000 km. Je nach Aktivität sieht man auf der Sonne auch noch einen Fleck oder mehrere Gruppen von **Sonnenflecken**. Sie erscheinen dunkler, im Zentrum schwarz, weil sie kühler als ihre Umgebung sind, obwohl sie immer noch mehrere Tausend Grad heiß sind. Durch die geringere Temperatur geben sie weniger Energie ab und erscheinen im Vergleich zur heißeren Umgebung dunkel. Die Oberfläche der Sonne verändert sich ständig und die Zahl der Flecken nimmt im elfjährigen Zyklus zu und wieder ab.

Die Flecken sind **Aktivitätsgebiete** auf der Sonne. Sie entstehen dadurch, dass die Sonne unterschiedlich schnell rotiert. Im Mittel braucht sie rund 25 Tage für eine Umdrehung um die eigene Achse. Der Äquator rotiert schneller als die höheren Breiten. Magnetfeldlinien werden so auseinandergerissen. An der Oberfläche treten die Magnetfeldlinien aus und behindern den Materietransport. Dadurch ist die Oberfläche an der Austrittsstelle kühler und erscheint als dunkler Fleck. Meist sind es ganze Fleckengruppen, die in einem elfjährigen Zyklus langsam



vom Äquator in höhere Breiten wandern. Dann findet eine Umpolung des Magnetfelds statt. Die Fleckenzahl nimmt ab, bis durch die differenzielle Rotation wieder neue Magnetfeldlinien verdreht werden und sich neue Flecken (zuerst am Äquator) bilden.

Die Sonne sendet einen Strom von Protonen aus, den **Sonnenwind**. Bei den Flecken wird durch das Magnetfeld Materie mitgerissen. Diese ist als **Protuberanz** sichtbar. Da Protuberanzen weniger Materie enthalten, als die Oberfläche, benötigt man für die Aufnahme einen speziellen Filter, der die Strahlung der Oberfläche ausblendet.



3. Abbildung: Farbkomposit von SDO aus Aufnahmen von 19,3 und 30,4 nm Wellenlänge

Das Foto zeigt **Flares**, die auch ihren Ursprung in den Sonnenflecken haben. Flares sind heiße Gasjets, die anders als Protuberanzen, nicht wieder auf die Oberfläche zurückfallen. Flares emittieren viel mehr geladene Teilchen als die ganze restliche Sonne. Ist ein solcher Jet auf die Erde gerichtet, so kann der entstehende **Sonnensturm** aus elektisch geladenen Teilchen das Magnetfeld der Erde

durchdringen und Satelliten, in polnahen Gebieten auch Stromleitungen und Stromgeneratoren / Umspannwerke durch Überspannungen lahmlegen.

Im Foto des SDO-Satelliten wurden Bilder mit einer Wellenlänge von 19,3 und 30,4 nm zu einer Farbaufnahme kombiniert. Diese Wellenlängen liegen im extrem kurzwelligem UV (normales Licht hat Wellenlängen zwischen 380 und 680 nm) und zeigen besonders heiße Regionen und die Flares, die im sichtbaren Licht kaum zu sehen sind. Derartige Aufnahmen in verschiedenen Wellenbereichen erlauben es in unterschiedliche Bereiche der Sonnenoberfläche und der sie umgebenden Korona zu sehen, da bei jeder Temperatur Licht einer anderen Wellenlänge abgegeben wird. Dabei entspricht der kurzwelligen UV-Strahlung eine höhere Temperatur als beim sichtbaren Licht. So kann man nicht so lichtstarke Ereignisse abbilden, weil die kühlere, aber viel leuchtstärkere Sonnenoberfläche im extremen UV kaum Strahlung abgibt. Mit Aufnahmen in verschiedenen Spektralbereichen kann man Regionen mit unterschiedlicher Temperatur, unterschiedlicher Höhe und Dichte beobachten.

Die Sonne gibt die meiste Strahlung bei einer Wellenlänge von 550 nm ab. Durch die **Ozonschicht** sind wir vor den energiereichen UV-Strahlen (<330 nm) geschützt. Lediglich die an das Licht angrenzende UV-Strahlung kann unsere Atmosphäre passieren und Sonnenbrand verursachen.

Das nächste Foto des ESA/NASA SOHO-Observatoriums wurde wie die vorangegangene Aufnahme bei einer Wellenlänge von 30,4 nm aufgenommen. Es zeigt die Schicht über der visuell sichtbaren Oberfläche (der Chromosphäre) die rund 60.000 K heiß ist, also rund zehnmal heißer als die Oberfläche selbst. Am Rande ist eine extrem große **Protuberanz** zu sehen. Protuberanzen sind

von den Magnetfeldlinien mitgeschleppte Materie (da bei den hohen Temperaturen der Sonnenoberfläche die Atome Elektronen verloren haben, sind sie elektrisch geladen und folgen einem Magnetfeld). Wo die Linie wieder die Oberfläche berührt, endet die Protuberanz. Sie ist, da viel weniger leuchtkräftig als die Oberfläche, meist nur am Rand sichtbar. Aufnahmen wie diese im extremen UV sind nur vom Weltraum aus möglich. Doch mit Spezialfiltern kann man bestimmte Phänomene wie die Granulation, Protuberanzen und Flecken auch mit einem Teleskop vom Erdboden aus beobachten.

Oberhalb der für das bloße Auge sichtbaren **Chromosphäre** liegt die **Photosphäre**, die heißer als die Oberfläche selbst ist, und von Materieauswürfen mit neuer Materie versorgt wird. Dass Sie heißer als die Chromosphäre ist, ist kein Widerspruch, denn je weniger Masse pro Volumen vorhanden ist, um so stärker wird diese Schicht von der Strahlung der Oberfläche aufgeheizt.

Zur Vorhersage von Sonnenstürmen werden seit Jahrzehnten Satelliten genutzt, die sich etwa 1,5 Millionen km von der Erde entfernt in Richtung Sonne befinden. Sie registrieren mit Teilchendetektoren die Aktivität des Sonnenwindes und ermöglichen eine Vorwarnung, wenn ein **Sonnensturm** sich der Erde nähert, um Maßnahmen zum Schutz von Satelliten aber auch Stromnetzen zu treffen. Bei einem Sonnensturm erreichen die Erde viel mehr Protonen von der Sonne und sie sind auch schneller (600 bis 1000 km/s, normal sind etwa 200 bis 250 km/s).

Über der Photosphäre der Sonne liegt die **Korona** der Sonne. Sie besteht aus Plasma, einzelnen Atomkernen, denen ein Teil der Elektronen entrissen wurde. Sie wird dünner und geht schließlich in den Weltraum über. In der Korona herrschen noch höhere Temperaturen von über 1

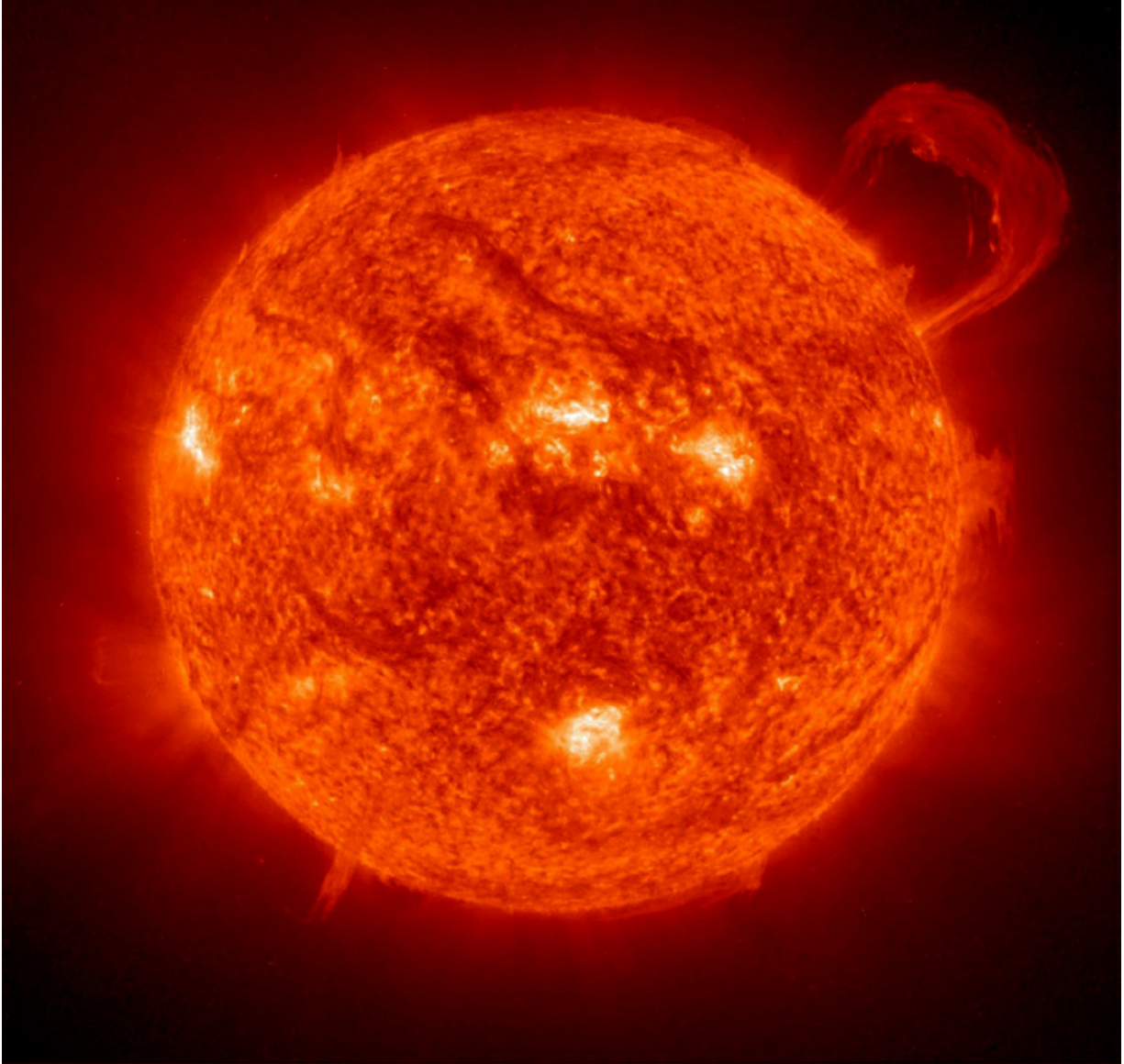
Million Grad Celsius, da die Strahlung der Sonne die dünne Schicht sehr stark aufheizt.

Weil sie aber so dünn ist, leuchtet sie trotz der hohen Temperatur nur sehr schwach und man konnte sie lange nur während der kurzen Zeit einer totalen **Sonnenfinsternis** beobachten. Die obige Aufnahme stammt von der Sonnenfinsternis von 1999, die in Deutschland wegen schlechten Wetters nur teilweise beobachtbar war. Direkt über der Sonne sind Protuberanzen zu erkennen.

Sichtbar ist die Corona bis in etwa 2-3 Sonnendurchmessern Entfernung. Sie ist etwa 1 Million mal dunkler als die Sonne. Aufgrund der geringen Dichte kann sie von Raumsonden passiert werden. So wurden Raumsonden vorgeschlagen, welche die Korona durchqueren sollten. Sie würden erst zerstört, wenn sie die dichtere Photosphäre erreichen. Sie müssten aber extrem gut vor der Hitze der Sonne geschützt sein.

Es ist es möglich, das Bild der Sonne in einem Teleskop durch eine Blende abzudecken. In diesem **Koronografen** kann man die Korona wie bei einer Sonnenfinsternis beobachten. Aufgrund der Streuung des Lichts an der Optik und bei Aufnahmen von irdischen Teleskopen auch durch die Turbulenz der Atmosphäre, sind diese Aufnahmen aber in Schärfe und Detailgrad den Bildern unterlegen, die man bei einer totalen Sonnenfinsternis gewinnen kann.

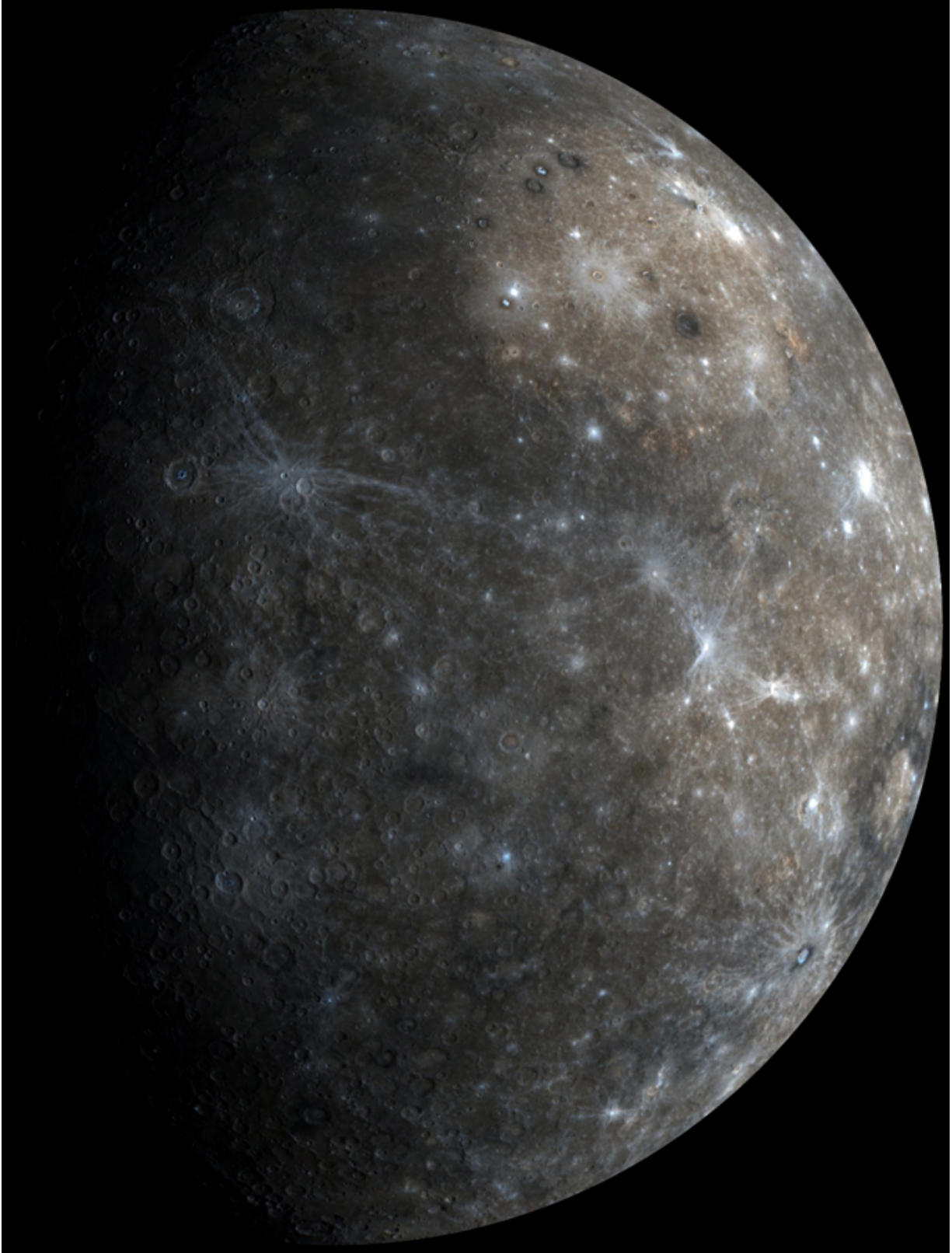
Die Korona geht an der Außengrenze über in den **Sonnenwind**, einem Strom von Protonen und Heliumkernen der die Sonne Richtung All passiert. Vor ihm schützt uns in der Regel unser Magnetfeld. Nur an den Polen können die geladenen Teilchen entlang der Magnetfeldlinien eindringen und verursachen dann das Farbenspiel des **Polarlichts**, wissenschaftlich **Aurora** genannt.



*4. Abbildung: Aufnahme der Photosphäre mit einer Protuberanz*



*5. Abbildung: Totale Sonnenfinsternis vom 11.8.1999*



*6. Abbildung: Merkur in natürlichen Farben, aufgenommen von Messenger*



# Merkur

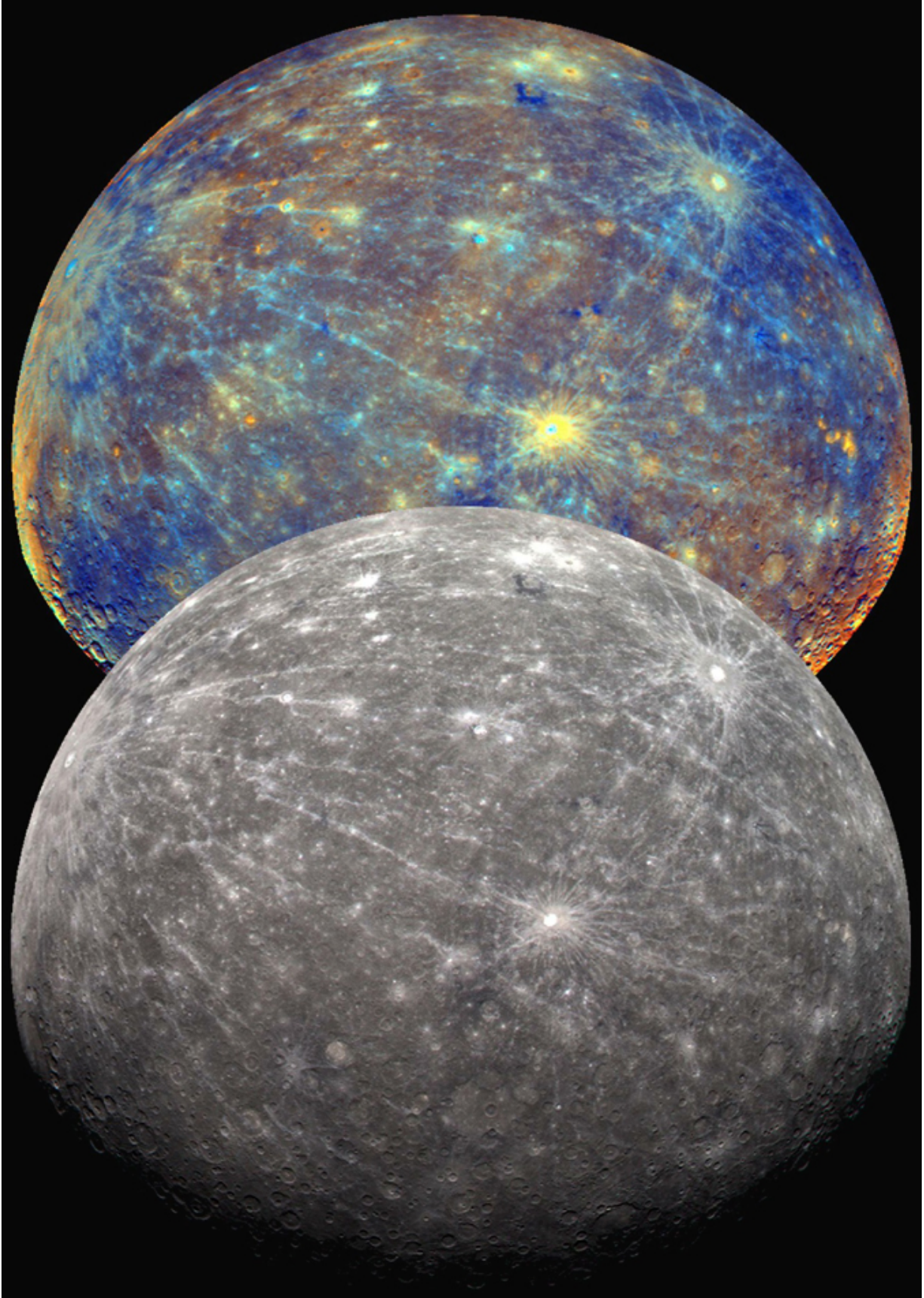
Merkur ist der sonnennächste Planet. Lange Zeit wusste man fast nichts über ihn. Durch die sonnennahe Umlaufbahn entfernt er sich von der Erde aus gesehen nie weit von der Sonne. Merkur ist nur kurz vor Sonnenaufgang oder nach Sonnenuntergang beobachtbar. Der Astronom Nikolaus Kopernikus soll auf seinem Totenbett bedauert haben, zeitlebens nie den Merkur gesehen zu haben.

Mehr über Merkur erfuhr man durch die Raumsonde Mariner 10, die Merkur von 1974 bis 1975 dreimal passierte. Sie nahm knapp die Hälfte der Oberfläche auf. Genauer gesagt: Sie nahm dreimal den gleichen Bereich der Oberfläche auf. Merkur weist ein im Sonnensystem verbreitetes Phänomen auf: die **gebundene Rotation**. Umkreist ein Himmelskörper einen Größeren, wie der Merkur die Sonne, so ist die Anziehung der Sonne auf der zugewandten Seite höher als der abgewandten Seite. Rotiert nun Merkur, so bewirkt dieser Unterschied, dass die durch die Rotation verschobene Materie sich aufheizt und dadurch Energie der Rotation entzieht. Dies kommt erst zum Stillstand, wenn der Himmelskörper genauso lange für eine Rotation um die eigene Achse braucht, wie für einen Umlauf. Er weist dann dem anderen Himmelskörper immer die gleiche Seite zu. Beim Merkur stoppte dies durch die elliptische Umlaufbahn bei einem  $2/3$  Verhältnis: Merkur rotiert einmal in 59 Tagen um die Achse und er braucht 88 Tage um die Sonne zu umrunden. So dauert ein Sonnentag (von einem Sonnenaufgang zum Nächsten) auf dem Merkur 176 Erdtage, also länger als ein Sonnenjahr.

Mariner 10 gelangte auf eine Bahn mit einer Umlaufzeit von 176 Tagen, genau drei Umdrehungen Merkurs um die eigene Achse und zwei Sonnenumläufen. So war Merkur bei allen drei Vorbeiflügen in derselben Position, mit demselben Winkel zur Sonne und die gleichen Gebiete waren beleuchtet.

Merkur hat eine **Albedo** von 0,106. Die Albedo gibt an, wie viel Prozent des eingestrahnten Lichts zurückgeworfen wird, also wie hell oder dunkel ein Körper ist. Frisch gefallener Schnee hat mit 0,9 die höchste Albedo aller natürlichen Oberflächen. Wasser (bei senkrechtem Blick auf die Wasseroberfläche) oder Asphalt mit 0,05 weisen die niedrigste Albedo natürlicher Oberflächen auf. Gestein ist meist dunkel mit Albedowerten unter 0,3. Dagegen haben Wolken oder Eis hohe Albedowerte. Die Albedo gibt daher Aufschluss über die Zusammensetzung der Oberfläche. Merkurs Oberfläche besteht vor allem aus dunklem Gestein mit einer ähnlichen Albedo wie der Mond.

Merkur erscheint dem bloßen Auge weitestgehend grau, wie im linken Bild. Das ist nicht verwunderlich, besteht seine Oberfläche aus Silikatgesteinen, die eine grau-braune Farbe haben. Er gleicht damit dem Mond, der dieselbe Farbe (oder eben keine Farbe) aufweist.



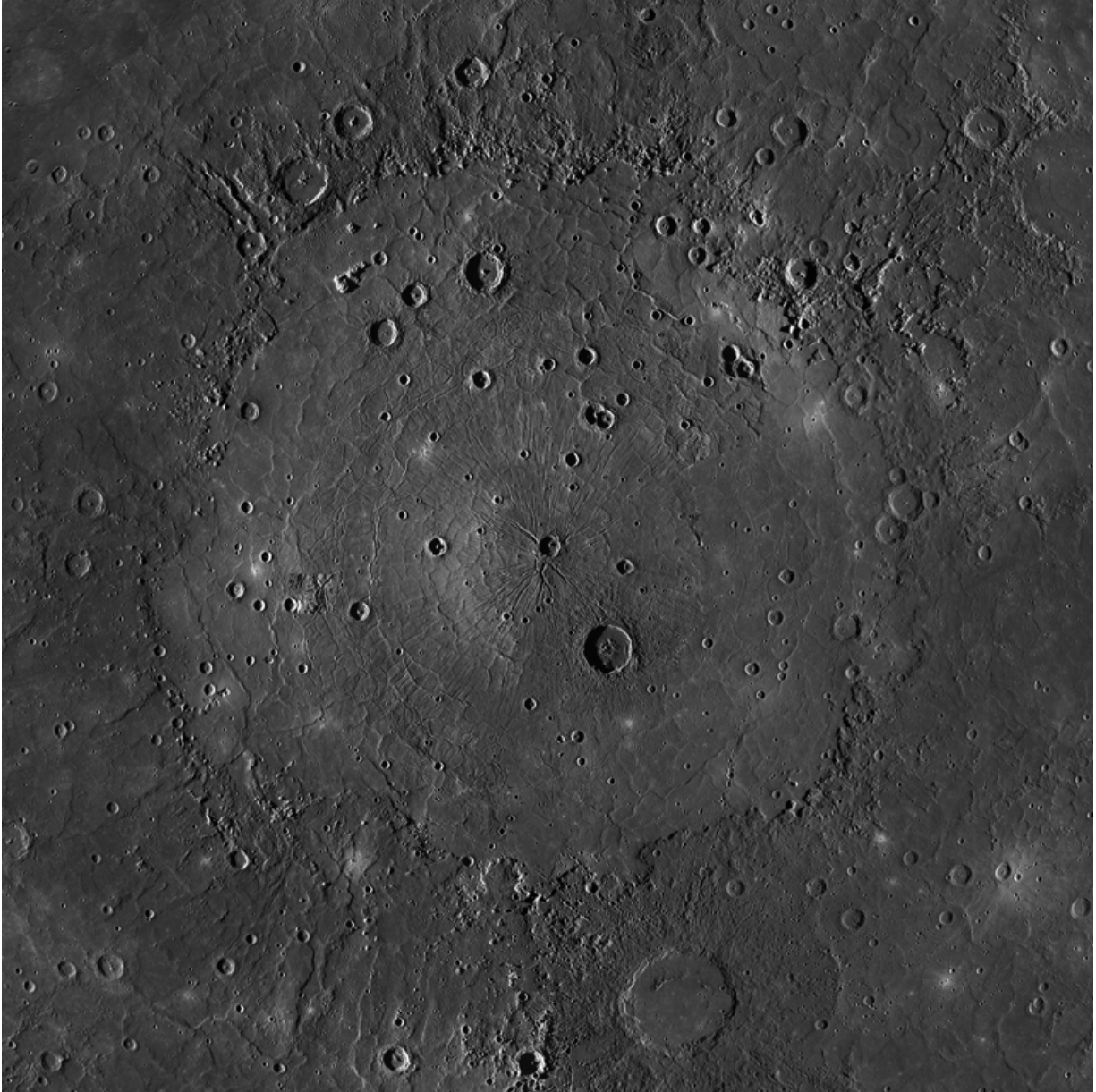
*7. Abbildung: Merkur in natürlichen Farben und Falschfarbenaufnahme welche die mineralogische Zusammensetzung der Oberfläche hervorhebt.*

Ebenso verbindet ihn mit dem Mond, dass er mit **Kratern** übersät ist. Das ist ein Hinweis dafür, dass sich die Oberfläche seit langer Zeit, mehrere Milliarden Jahre, kaum verändert hat. Die größeren Himmelskörper „sammelten“ die kleinen auf. Dies geschah kurz, nachdem die Sonne das Gas, aus dem das Sonnensystem entstand, wegblies. Nun entstanden keine weiteren Körper mehr, und da sich die Bahnen kreuzten, kollidierten die verbliebenen miteinander. Diese Phase endete vor etwa 3,8 Milliarden Jahren, als die meisten kleineren Körper auf die Größeren eingeschlagen waren, seitdem entstehen kaum noch neue Krater. Die mit Kratern übersäte Oberfläche ist daher sehr alt, älter noch als die uns zugewandte Seite des Mondes, bei der einige große Körper die Kruste durchschlugen und Einschlagsbecken, die Mare formten, bei denen das austretende Magma die Spuren früherer Krater auslöschte. Auch die Größe der Krater ist ein Indiz, wie alt die Oberfläche ist. Nach den Simulationen kollidierten die großen Himmelskörper zuerst miteinander. Viele große Krater sprechen also für eine alte Oberfläche. Die Erdbahn kreuzen heute nur noch Asteroiden von weniger als 8,5 km Größe, alle größeren sind schon auf ihr eingeschlagen. Mit Kraterzählungen und Bestimmung der Größenverteilung ist so das **Alter einer Oberfläche** oder eines Teils der Oberfläche berechenbar.

Das rechte Bild ist ein **Falschfarbenbild**, bei dem man drei Aufnahmen durch Farbfilter zu einer Farbaufnahme kombinierte. Die Kamera der Raumsonde Messenger, die ab 2008 den Merkur umrundete verfügt über 11 Farbfilter. Kombiniert man Aufnahmen durch Filter in denen bestimmte Mineralien Licht absorbieren oder emittieren, so kann man die Zusammensetzung der Oberfläche wiedergeben. Zudem wurde der Kontrast der Aufnahmen stark angehoben.

Die Strahlen um die Krater entstehen dadurch, dass Material unter der Oberfläche beim Einschlag herausgeschleudert wurde und dieses, wie man auch im Zentrum sieht, heller als das Oberflächengestein ist. Das Auswurfmaterial bildet dann meist **Sekundärkrater**, deren Vermessung Aufschluss über die Größe und Energie des einschlagenden Körpers zurückschleudert.

Lange Zeit waren Krater die einzig bekannte Oberflächenform auf Merkur. Die Messenger Mission fand aber Hinweise auf **Vulkanismus**, der bis vor 1 Milliarde Jahre andauernde. Danach scheinen auch Vulkane ihre Arbeit eingestellt haben. Heute sind Oberfläche und Mantel des Merkurs fest, ein kleiner Metallkern aber noch flüssig. Er ist für das schwache Magnetfeld des Planeten verantwortlich. Ein **Magnetfeld** entsteht, wenn magnetisch leitende Materialien bewegt werden. In der Sonne, das Plasma, in Merkur und Erde flüssiges Eisen, beim Jupiter und Saturn metallischer Wasserstoff. Ist das Eisen dagegen erstarrt und rotiert mit dem Rest des Planeten, so ist das Magnetfeld nur schwach. So verfügen Venus und Mars, beide mit festen Eisenkernen, nur über ein schwaches Magnetfeld. Ein starkes Magnetfeld lenkt **komische Teilchen** ab, die sonst die Atmosphäre treffen und die Verlustrate an Gas stark erhöhen. So verlor der Mars den Großteil seiner Atmosphäre.



8. Abbildung: Fotomosaik des Calorisbeckens mit 1.550 km Durchmesser

Die dominierende Struktur auf Merkur ist das **Caloris Einschlagsbecken**. „Caloris Planitia“. Es war auf den Mariner 10 Aufnahmen am Rand erkennbar. Erst Messenger konnte es vollständig abbilden. Das Becken wurde vor 3,9 Milliarden Jahren durch einen 100 bis 150 km großen Körper gebildet. Das Einschlagsbecken von 1.550 km Durchmesser ist an der Grenze dessen, wo ein Einschlag nicht nur die Oberfläche lokal verändert, sondern größere Mengen an

Material aus dem Inneren Merkurs herausschleudert, viel Energie in den Mantel transferiert und so die Oberfläche global verändert. Caloris (lateinisch „Wärme“) war ein so heftiger Einschlag, dass die Schockwellen, die auf der anderen Seite des Planeten wieder zusammentrafen, dort Bergketten von bis zu 1.800 m Höhe formten. Der Einschlag ging so tief, dass aus dem darunterliegenden, damals noch flüssigen, Mantel Magma aufstieg und den Boden des Beckens ausfüllt. Daher ist das Calorisbecken flach und hat keine schüsselförmige Vertiefung, wie dies bei normalen Einschlagskratern der Fall ist.

Alle Krater innerhalb des Beckens entsandten später. Es im Vergleich mit dem Rand des Beckens klar sichtbar, dass dies weniger Krater sind als in der Umgebung. Vor 3,9 Milliarden Jahren, als Caloris entstand, hatte die Einschlagszahl zwar schon abgenommen. Doch weitere 100 Millionen Jahre trafen noch viele weitere Körper den Merkur, erst danach nahm die Einschlagsrate stark ab. Auch heute sammeln alle Planeten und Monde noch kleinere Himmelskörper auf. Der jüngste Einschlag, der auf der Erde einen Krater hinterließ ist der 1,2 km große Barringer Krater in Arizona, der etwa 50.000 Jahre alt ist. Anders als auf der Erde kann jeder Körper auf dem Merkur einen Krater bilden. Unsere Erdatmosphäre führt dazu, dass Körper, die kleiner als ein Haus sind, vor dem Einschlag auseinanderbrechen oder bevor sie den Boden erreichen, verglühen. Auf dem Merkur erzeugen dagegen selbst Staubkörner noch kleine Krater – wenn auch nur im Millimetermaßstab. Die ganze Oberfläche ist meterdick mit Auswurfmaterial bedeckt. Dieser Schutt, **Regolith** genannt ist vom Mond bekannt. Es entsteht dadurch, dass sich das Auswurfmaterial mischt, von weiteren Einschlägen weiter zerkleinert wird, bis eine Mischung aus scharfkantigem, puderartigem Gesteinsstaub entsteht, in dem größere Brocken wie Steine oder Felsen versinken. Eine derartige Schicht kann mehrere Meter dick