

# Ein tiefer Blick ins All

**Die Suche nach ausserirdischem Leben hat in den letzten Jahren rasanten Fortschritt gemacht. Und sie erhält in den nächsten Jahren zusätzlichen Schub, nicht zuletzt dank den neuen Grossteleskopen, die das Weltall in bisher unbekannter Schärfe vermessen werden.**

Gibt es ein Leben ausserhalb der Erde? Oder sind wir alleine im Universum? Diese Frage fasziniert und beschäftigt die Menschheit seit langem. Und doch war die Suche nach ausserirdischem Leben lange Zeit eher eine Domäne für spekulationsfreudige Geister und Science-Fiction-Anhängerinnen. Doch das hat sich in den letzten Jahrzehnten grundlegend geändert, nicht zuletzt dank der neuen Beobachtungsmöglichkeiten, die den Astronominnen und Astronomen inzwischen zur Verfügung stehen.

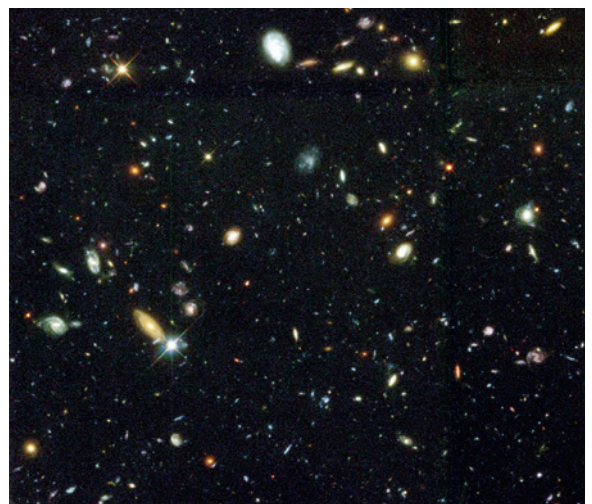
Bedenkt man, wie viele Sterne und Galaxien es im Universum gibt, dann scheint die Vorstellung doch wagemutig, die Erde sei der einzige Ort im Weltall, an dem es Leben gibt. Zumal die Zahl der Galaxien wesentlich grösser ist, als man lange dachte. Jedenfalls waren die meisten Astronominnen und Astronomen überrascht, als ein zunächst wenig aussichtsreiches Vorhaben zu einem unerwarteten Er-

gebnis führte. 1995 entschloss sich Robert Williams, einen erheblichen Teil seiner Messzeit mit dem Hubble Weltraumteleskop, die ihm als Direktor des Space Telescope Science Institute zur Verfügung stand, dafür zu verwenden, einen Bereich des Himmels ins Visier zu nehmen, in dem es scheinbar nichts zu sehen gibt. Tagelang richtete das Team um Williams das kostspielige Weltraumteleskop auf einen scheinbar leeren Bereich. Doch die wertvolle Messzeit war alles andere als verschwendet. Unzählige bisher unbekannte Galaxien waren auf den Bildern zu sehen. Das *Hubble Deep Field* bestätigte, dass es im Universum wesentlich mehr Objekte gibt als man dachte.

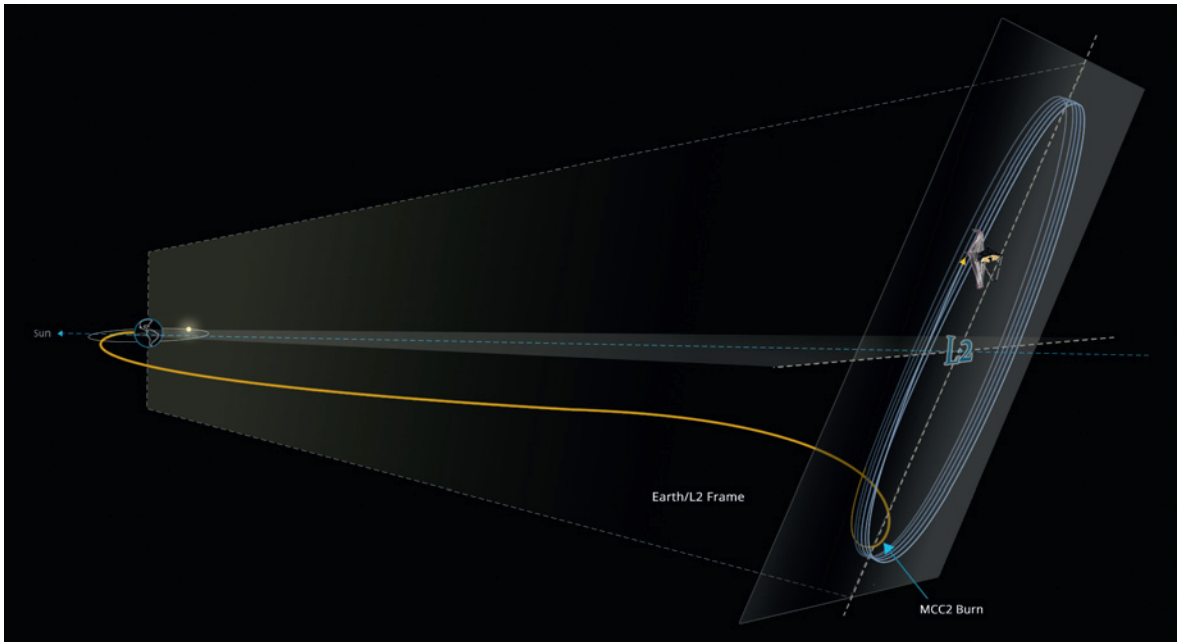
## 25 Jahre Planetenforschung

Aus wissenschaftlicher Sicht reicht eine Wahrscheinlichkeitsrechnung natürlich nicht aus, um die Frage nach ausserirdischem Leben zu beantworten. Zumal es ja nicht nur um die Frage geht, ob es an anderen Orten Leben gibt, sondern auch, wie dieses aussehen könnte und wie es entstand.

Einen wichtigen Schub erhielt die Forschung vor gut 25 Jahren, als die beiden Schweizer Astronomen Michel Mayor und Didier Queloz von der Universität Genf den ersten extrasolaren Planeten entdeckten, der um einen sonnenähnlichen Stern kreist. Für das Aufspüren von *51 Pegasi b*, wie der Himmels-



Links: Das ikonische Bild *Pale Blue Dot*, hier in einer überarbeiteten Version aus dem Jahr 2020. Das Foto zeigt die Erde als kleinen, blassen Punkt im gestreuten Sonnenlicht. Aufgenommen wurde es am 14. Februar 1990 von der NASA-Sonde *Voyager 1* aus einer Entfernung von rund 6 Milliarden Kilometern. (Bild: NASA/JPL-Caltech)  
Rechts: 1995 wurde das Hubble-Weltraumteleskop über mehrere Tage hinweg auf einen kleinen Teil des Himmels ausgerichtet, in dem zuvor selbst mit grossen Teleskopen so gut wie nichts zu sehen war. Doch auf dem *Hubble Deep Field* waren zur Überraschung aller Tausende von unbekannten Galaxien zu sehen. (Bild: NASA, ESA, STScI)



Flugbahn des James Webb Weltraumteleskops. Nach dem Start Ende 2021 begab sich das Teleskop zunächst auf eine rund einmonatige Reise zum Lagrange-Punkt L2. An diesem Punkt kann das Teleskop mit relativ kleinem Energieaufwand konstant im Schatten der Erde gehalten werden. Während der ganzen Mission wird das Teleskop um diesen Punkt kreisen. (Bild: ESA)

körper offiziell heisst, wurden die beiden 2019 mit dem Nobelpreis für Physik ausgezeichnet.

Seither hat sich die Erforschung der Exoplaneten rasant entwickelt. Und den Astronominnen und Astrophysikern gelingt es immer wieder, noch kleinere Objekte zu entdecken. So vermeldete beispielsweise die Europäischen Südsternwarte (ESO), die das Very Large Telescope in der chilenischen Atacama-Wüste betreibt, dass im letzten Jahr Planeten gefunden wurden, die nur halb so gross sind wie die Venus. Auch eine mondbildende Scheibe um einen Exoplaneten konnte ausfindig gemacht werden.

Es ist zu erwarten, dass die Jagd nach Planeten, auf denen es Leben geben könnte, in den nächsten Jahren weitere Fortschritte machen wird. Begründet ist diese Prognose mit dem Umstand, dass schon bald neue Grossinstrumente in Betrieb gehen, mit denen das All noch genauer untersucht werden kann.

Grosse Hoffnungen setzen die Planetenforscher insbesondere in die bisher aufwändigste unbemannte Weltraummission. Letzte Weihnachten startete vom Europäischen Weltraumbahnhof Kourou aus das James Webb Weltraumteleskop zu seiner Reise ins All. Das hochkomplexe Gerät wurde in jahrelanger Arbeit von der amerikanischen Raumfahrtbehörde Nasa zusammen mit der europäischen Raumfahrtagentur ESA und weiteren Partnerinstitu-

tionen entwickelt. Das gemeinhin als Hubble-Nachfolger bezeichnete Teleskop soll nicht nur neue Einblicke in die Frühzeit des Universums ermöglichen, sondern dient auch der Erforschung von Exoplaneten.

### Bisher läuft alles nach Plan

Im Gegensatz zum Hubble-Teleskop, das vom Infrarotbereich über das sichtbare Licht bis in den Ultraviolettbereich arbeitet, empfängt das James Webb Space Telescope «nur» Infrarotlicht. Damit es eine möglichst hohe Auflösung erreicht, werden die Messgeräte auf sehr tiefe Temperaturen heruntergekühlt. So wird verhindert, dass die Signale aus dem All durch die Wärmestrahlung des Teleskops gestört werden. Um die tiefen Temperaturen mit möglichst wenig Energie zu erreichen, kreist das neue Teleskop nicht im erdnahen Orbit, sondern um den Lagrange Punkt L2, der sich in 1,5 Millionen Kilometern Entfernung im Kernschatten der Erde befindet.

Die äusserst anspruchsvolle Mission läuft bisher nach Plan und das Teleskop hat inzwischen seine Arbeitsposition erreicht. Gegenwärtig sind die Ingenieure daran, die 18 Teilspiegel des Teleskops zu justieren und die Geräte auf Betriebstemperatur herunter zu kühlen. Läuft alles nach Plan, wird das Teleskop diesen Sommer die ersten wissenschaftlichen Aufnahmen zur Erde schicken.

Auch wenn eine solche Weltraummission natürlich sehr spektakulär ist und alleine schon wegen der immensen Kosten von rund 10 Mrd. US-Dollar für grosse mediale Aufmerksamkeit sorgt, sind für die Astronomen und Astrophysikerinnen erdgebundene Instrumente nach wie vor sehr wichtig. Besonders das Very Large Telescope (VLT) der ESO, das neben dem Hubble-Teleskop wohl produktivste astronomische Messgerät, liefert bei der Erforschung von Exoplaneten wichtige Informationen. Das VLT besteht aus vier grossen Teleskopen mit einem Spiegeldurchmesser von jeweils 8,2 Metern sowie vier mobilen kleineren Teleskopen.

Eine Bergkette weiter laufen bereits die Bauarbeiten für das nächste europäische Grossteleskop: das Extreme Large Telescope (ELT). Mit einem Hauptspiegel von 39 Metern Durchmesser sowie zwei Hilfsteskokopen wird es einen noch tieferen und genaueren Blick ins Weltall ermöglichen und gleichzeitig auch die Suche nach ausserirdischem Leben einen Schritt weiterbringen. Ziel ist nicht nur, weitere Exoplaneten zu entdecken, sondern auch, die bereits bekannten genauer zu erforschen und insbesondere auch ihre Zusammensetzung zu bestimmen. Würde man beispielsweise Spuren von organischen Verbindungen oder zumindest Vorläufer-Verbindungen davon im optischen Signal nachweisen können, wäre das ein starkes Indiz für ausserirdisches Leben.

Tatsächlich ist die Suche nach ausserirdischem Leben inzwischen zu einem interdisziplinären Forschungsfeld geworden, in dem sich nicht nur Astro-

nomen und Astrophysikerinnen tummeln, sondern auch Erdwissenschaftler, Biologinnen und Chemiker. Sie untersuchen im Labor und mit Hilfe von Computermodellen, unter welchen physikalischen und chemischen Bedingungen Leben im Allgemeinen entstehen kann und wie im Speziellen das Leben auf die Erde kam. Dabei simulieren die Forschenden beispielsweise Netzwerke von chemischen Reaktionen, die bei der Entstehung von lebensfähigen Strukturen vermutlich eine wichtige Rolle gespielt haben.

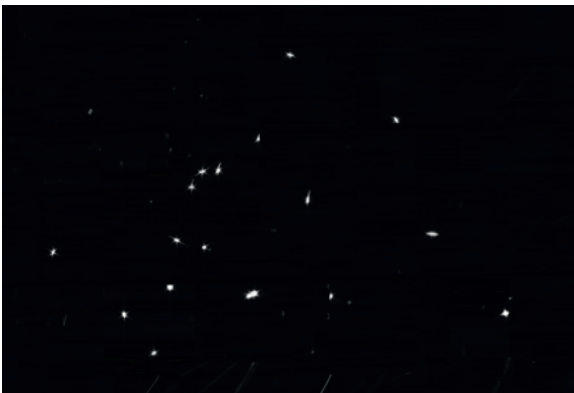
Auch die Rekonstruktion, welche Bedingungen vor 3,8 Milliarden Jahren auf der Erde herrschten, als die ersten Lebensspuren auftauchten, liefert wichtige Hinweise. Dabei ist für die Forschenden insbesondere auch erhellend, den Mars genauer zu verstehen; denn unser Nachbarplanet durchlief zunächst eine ähnliche Entwicklung wie die Erde, bevor auf ihm alles zum Stillstand kam, während sich die Erdoberfläche aufgrund der Plattentektonik kontinuierlich veränderte.

### Eine faszinierende Frage

Gerade weil die interdisziplinäre Zusammenarbeit immer wichtiger wird, hat die ETH Zürich im letzten Jahr beschlossen, ein neues Zentrum zu gründen, das sich mit der Erforschung der Ursprünge des Lebens befassen wird. Als Direktor konnte Didier Queloz gewonnen werden, der neben seiner Tätigkeit an der University of Cambridge nun auch in Zürich forschen wird. Die ETH Zürich hofft damit, künftig in der gleichen Liga zu spielen wie andere führende Hochschulen in diesem Bereich, beispielsweise die Harvard University oder eben Cambridge.

Für Queloz geht es dabei auch um einen grundsätzlichen Aspekt, wie er in einem Interview verriet: «Als Michel Mayor und ich vor fast 30 Jahren den ersten Exoplaneten fanden, kam sofort die Frage: Gibt es dort Leben? Die Leute sind besessen von dieser Frage», stellt er fest. Dieses Potenzial gelte es zu nutzen, um der Bevölkerung die Faszination der Wissenschaften und die wissenschaftliche Denkweise näher zu bringen.

Doch die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Zürich engagieren sich nicht nur bei der Auswertung von Daten und der Formulierung von neuen Hypothesen. Sie helfen auch mit, ausgeklügelte Messgeräte zu entwickeln. So waren Ingenieure und Astronomen des PSI und der ETH Zürich – zusammen mit spezialisierten Firmen – an der Entwicklung eines der Messgeräte des neuen James Webb



Das erste Bild des James Webb Weltraumteleskops: eine 18-fache Aufnahme des gleichen Himmelobjekts. Das Mosaik zeigt zweierlei: Die Nahinfrarotkamera des Teleskops funktioniert wie gewünscht, und derselbe Stern kann auf allen 18 Segmenten des Hauptspiegels identifiziert werden. Nun werden die Spiegelsegmente so ausgerichtet, dass nur noch ein Objekt auf dem Bild zu sehen sein wird. (Bild: ESA)



Das Extreme Large Telescope (ELT) wird auf dem Cerro Armazones in der chilenischen Atacama-Wüste auf einer Höhe von etwa 3050 Metern stehen. Die visuelle Darstellung zeigt, wie das Teleskop auf dem Gipfel des Berges aussehen wird. Um das Teleskop zu installieren, musste der Gipfel zuerst nivelliert werden. (Bild: ESO)

Weltraumteleskops beteiligt. Und ETH-Forschende sind auch am Bau eines Infrarot-Spektrografen beteiligt, der in einigen Jahren beim Extrem Large Telescope zum Einsatz kommen wird.

Das Engagement bei der Instrumentenentwicklung ist für eine Hochschule wie die ETH Zürich nicht nur interessant, weil diese Geräte im technologischen Grenzgebiet angesiedelt sind. Wer sich als Forschungsinstitution an der Entwicklungsarbeit beteiligt und entsprechende finanzielle und personelle Ressourcen dafür zur Verfügung stellt, profitiert später auch von einem bevorzugten Zugang zu den Teleskopen – ein wichtiger Vorteil im hart umkämpften akademischen Wettbewerb.

### Ideen für die Zukunft

Es sind aufregende Zeiten für die Astronomie, und die Arbeit wird den Forschenden in den nächsten Jahren nicht ausgehen. Trotzdem denken sie bereits heute einen Schritt weiter, erfordern solche grossen Missionen oder High-Tech-Geräte doch jahrzehntelange Vorbereitungsarbeiten. Deshalb hat die europäische Raumfahrtagentur ESA bereits im letzten Herbst definiert, in welchen Bereichen sie zwischen 2035 und 2050 den Schwerpunkt bei ihren wissenschaftlichen Missionen setzen will. Zu den ausge-

wählten Bereichen passt auch ein Vorhaben, an dem Forschende der ETH Zürich und anderer Schweizer Hochschulen bereits intensiv arbeiten. Die Idee ist, ein grosses Interferometer im Weltall zu installieren, das aus einem Schwarm von fünf kleineren Teleskopen besteht, die in Formation fliegen und durch ein Mittelstück optisch miteinander verbunden sind. Mit einem solchen Setting liesse sich eine vergleichbare Auflösung erreichen wie mit einem Teleskop, das einen 200 Meter grossen Spiegel hat.

So inspirierend diese Aussichten für die Wissenschaften auch sind: Selbst wenn es in den nächsten Jahren gelingen wird, ausserirdisches Leben direkt nachzuweisen, sollte diese Forschung uns doch bescheiden machen. Auch wenn es andernorts Leben gibt, bleibt die Erde der einzige Ort, an dem wir leben können – ein kleiner, blauer Punkt im unendlich weiten Universum, wie es das ikonische Foto verdeutlicht, das die Voyager Sonde 1990 aufnahm. Oder wie es der amerikanische Astronom Carl Sagen treffend formulierte: «Betrachten Sie noch einmal diesen kleinen Punkt. Das ist unser Zuhause. Das sind wir. Darauf hat jeder Mensch, der jemals war, sein Leben gelebt.»

Felix Würsten