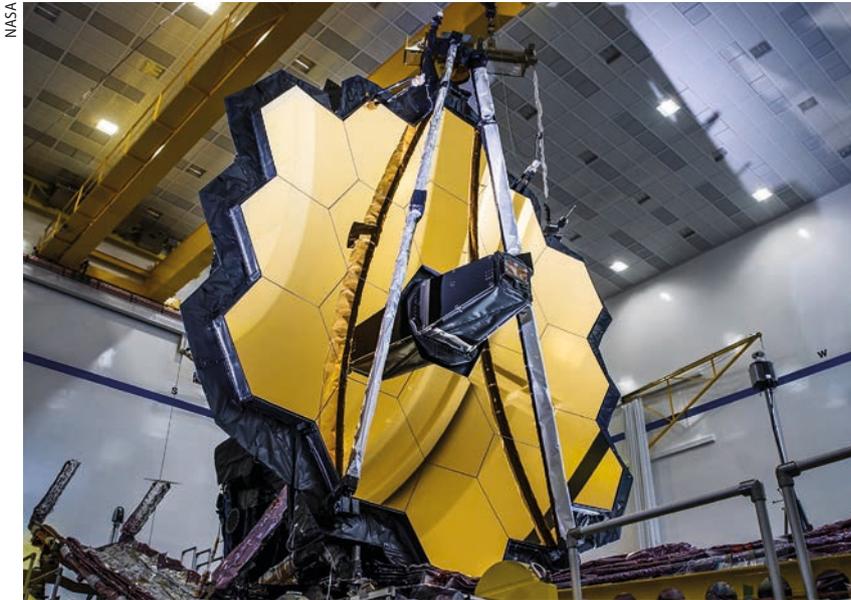


Der Goldstandard der Astronomie

Das James-Webb-Weltraumteleskop hat seinen Beobachtungspunkt erreicht und ist vollständig entfaltet. Bis zur ersten Aufnahme werden allerdings noch mindestens vier Monate vergehen.



Alle Spiegelsegmente des James-Webb-Weltraumteleskops sind mit einer mikroskopisch dünnen Goldschicht überzogen, die sie für die Reflexion von infrarotem Licht optimiert.

Über 21 Jahre hat es vom Beginn der technischen Entwicklung bis zum Start gedauert. Nun ist das James-Webb-Weltraumteleskop (JWST) an seinem Beobachtungspunkt angekommen, dem Lagrange-Punkt L2 etwa 1,5 Millionen Kilometer über der Nachtseite der Erde. Von dort soll es unter anderem noch tiefer in die Vergangenheit des Universums schauen und Exoplaneten noch detaillierter analysieren als es bislang möglich war.

Das ehrgeizige Projekt stand immer wieder auf der Kippe, nicht zuletzt wegen der Kosten: Ganz zu Anfang waren diese für das „Next Generation Space Telescope“ auf etwa eine Milliarde US-Dollar angesetzt und belaufen sich nun auf rund neun Milliarden. Die NASA übernimmt den Löwenanteil der Kosten, während Europa 15 Prozent finanziert und Kanada einen kleineren Beitrag leistet. Zuletzt entbrannte eine Kontroverse um die Namensgebung. James Webb, NASA-Administrator von 1961 bis 1968, soll in seiner Amtszeit homosexuelle Mitarbeitende diskriminiert haben. Eine interne Untersuchung der NASA ergab keine konkreten Anhaltspunkte, um diese Vorwürfe zu stützen.

Nach einigen Startverschiebungen hob das neue Weltraumteleskop am 25. Dezember an Bord einer Ariane-5-Rakete vom europäischen Weltraumbahnhof in Kourou in Französisch-Guayana ab. „Anders als bei einem normalen Satelliten lag das Risiko beim JWST nicht hauptsächlich beim Start. Zu 80 Prozent drohte ein Scheitern bei der überaus komplexen Entfaltung“, betont Oliver Krause, der eine Arbeitsgruppe am Max-Planck-Institut für Astronomie (MPIA) in Heidelberg leitet, die entscheidende Komponenten zum neuen Flaggschiff der Astronomie beigesteuert hat. Die Erleichterung der Projekt-Wissenschaftler:innen war daher groß, als die rund 180 Schrittelungen waren, mit denen sich der 6,5 Meter große Hauptspiegel und der mehrlagige Sonnenschirm, der 21,2 Meter \times 14,2 Meter misst, entfalten. Allerdings ist die erste konkrete Aufnahme erst im Juni zu erwarten. Damit das Weltraumteleskop voll funktionsfähig arbeiten kann, erfordert es eine langwierige Feinjustierung der Spiegel und Instrumente. Aus den 18 Segmenten müssen jeweils sieben Aktuatoren einen funktionie-

renden großen Spiegel formen. Dafür sind aufwändige Wellenfrontanalysen nötig, die auf umfangreichen Tests auf der Erde beruhen.

Zu den Instrumenten an Bord gehört das Mittel-InfraRot-Instrument (MIRI), das im Spektralbereich mit Wellenlängen von fünf bis 28 Mikrometern arbeitet. MIRI ist dabei so empfindlich, dass es eine Kerze auf einem der Jupitermonde nachweisen könnte. Das MPIA ist einer der Hauptpartner im europäischen Konsortium für MIRI. In dieser Rolle entwickelten Ingenieurinnen und Ingenieure des MPIA mit Unterstützung der Firma Hensoldt in Oberkochen unter anderem ein Filterrad für die Kamera sowie zwei Gitterräder für den Spektrografen und waren federführend bei der Entwicklung des elektrischen Systems. Der Nah-InfraRot-Spektrograf (NIRSpec) deckt einen Spektralbereich zwischen 0,6 und fünf Mikrometern ab. Auch hier beteiligte sich das MPIA an der Entwicklung von Filter- und Gitterrad für das Instrument.

Die Filterräder machen MIRI und NIRSpec erst zu wissenschaftlichen Instrumenten. Im Falle von MIRI enthalten die 18 optischen Elemente Filter, um die Wellenlängenbereiche einzugrenzen, Koronografen, um hellere Objekte abzudecken, insbesondere Zentralsterne von Exoplanetensystemen, sowie ein Prisma. Der Bau des MIRI-Filterrads war besonders anspruchsvoll, da alle beweglichen Teile unter extremer Kälte betrieben werden und Temperaturen bis -266 °C aushalten müssen, die durch zusätzliche Kühlgeräte erreicht werden. Hier gilt es derzeit sicherzustellen, dass alles wie geplant funktioniert.

Im Vergleich zu Hubble besitzt das James-Webb-Weltraumteleskop einen deutlich größeren Hauptspiegel – mit 6,5 im Vergleich zu 2,4 Metern Durchmesser. Hubble beobachtet überwiegend im sichtbaren Licht, deckt aber auch noch Teile des UV- und nahen Infrarot-Bereichs ab. Das JWST ist dagegen als extrem empfindliches

Infrarot-Teleskop konzipiert, das auch im noch langwelligeren mittleren Infrarot beobachten kann. Damit soll es den Blick in die Vergangenheit des Universums von etwa 600 Millionen Jahren wie bei Hubble auf bis zu 200 Millionen Jahre nach dem Urknall verschieben. Hier erwartet man, das Licht der ersten Galaxien und Sterne zu sehen, das die kosmische Rotverschiebung in den langwelligeren infraroten Spektralbereich verschoben hat. Vom JWST erhofft sich die Astronomie Einblicke in die Entstehung der Galaxien und der ersten Sternengeneration, die im Wesentlichen aus Wasserstoff und Helium bestand. „Einzelne Sterne lassen sich mit dem James-Webb-Teleskop natürlich nicht mehr auflösen, wären aber beobachtbar, wenn sie als Supernova explodieren“, sagt Krause.

Für die Erforschung der Exoplaneten eröffnet das JWST ganz neue Möglichkeiten. „Während der vergangenen zwei Jahrzehnte ist dieses



Das Filterrad des Mittel-Infrarot-Instruments wurde mit Ausnahme der optischen Elemente vom Max-Planck-Institut für Astronomie in Heidelberg geplant, konstruiert, gebaut und getestet.

Forschungsfeld geradezu explodiert, und wir kennen mittlerweile mehrere Tausend solcher Exoplaneten. Wir stehen jetzt an der Schwelle, nach einer Epoche der Entdeckungen nun auch die Atmosphären und den Ursprung dieser Objekte im Detail zu studieren“, betont Krause. Er dämpft aber die Hoffnung darauf, eine „zweite Erde“ zu entdecken: „Selbst JWST wird nicht empfindlich genug sein, eine zweite Erde um einen sonnenähnlichen Stern nachzuweisen. Im Grunde ist es

auch ein allzu geozentrischer Ansatz, bei der Frage nach Leben im All unseren eigenen Planeten zum alleinigen Maßstab zu machen.“ Das JWST wird dagegen mit einer Fülle neuer Daten Ordnung in den „Planetenzoo“ bringen und damit die Grundlage dafür schaffen, nach Indizien für Leben auf Exoplaneten zu suchen. „In jedem Fall wird das James-Webb-Weltraumteleskop eine Entdeckungsmaschine sein“, ist Oliver Krause überzeugt.

Alexander Pawlak

Meter statt Ellen

Vor 150 Jahren führte Deutschland das metrische System ein.

Am 1. Januar 1872 trat die „Maß- und Gewichtsordnung des Deutschen Reiches“ in Kraft. Seither nutzt Deutschland das metrische System. Folgerichtig unterzeichnete der damals noch junge Staat drei Jahre später die Meterkonvention: In dem Vertrag verpflichteten sich siebzehn Staaten unter anderem, nationale Metrologieinstitute zu gründen, um das metrische System umzusetzen. Diese Aufgabe erfüllte ab 1887 die Physikalisch-Technische Reichsanstalt in Berlin, die Vorgängerinstitution der Physikalisch-Technischen Bundesanstalt (PTB).

Das metrische System geht auf die Französische Revolution Ende des 18. Jahrhunderts zurück: Meter und Gramm setzten

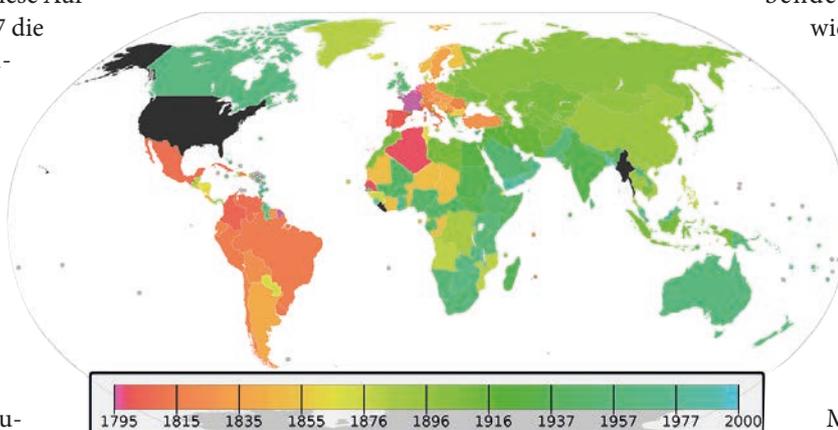
dem Wirrwarr regional definierter Ellen und Pfunde ein Ende. Die Grundeinheiten sollten eine natürliche Basis besitzen und nicht mehr von den Körpermaßen von Königen oder Fürsten abhängen. So beruhte der Meter auf der Meridianvermessung von Pierre Méchain und Jean-Baptiste Delambre und betrug ein Zehnmillionstel der

Erdmeridianlänge vom Nordpol zum Äquator; das Gramm entsprach der Masse eines Kubikzentimeters Wasser bei seiner größten Dichte. Die ersten Maßverkörperungen aus Platin sind auf den 22. Juni 1799 datiert.

Die von Frankreich initiierte Zusammenarbeit in der Metrologie mündete in der Unterzeichnung der Meterkonvention 1875. Aufstrebende Industrienationen

wie Deutschland hatten schon zuvor das metrische Maßsystem eingeführt; auch die international immer stärker kooperierende Wissenschaft strebte ein einheitliches System an. Die Unterzeichnung der

Meterkonvention garantierte den Mitgliedsstaaten den Zugang zu Maßnormalen – Kopien



Das metrische System hat sich seit der Französischen Revolution nach und nach weltweit durchgesetzt (farbig markiert). Nur die USA, Myanmar und Liberia (schwarz) haben es bisher nicht eingeführt.