


# AUFBRUCH IN EIN NEUES UNIVERSUM



Als die Nebel lichter wurden  
und das Weltall  
zu expandieren begann



## — Unsere kosmische Heimat

In einer sternklaren Nacht überspannt das blass schimmernde Band der Milchstraße das Firmament. Durch ein Teleskop betrachtet, löst sie sich in abertausende Sterne auf, die Teil unserer Heimatgalaxie sind. Dass die Spiralnebel, die den Himmel hier und da abseits der Milchstraße bestücken, andere Galaxien weit draußen im Universum sind, fanden die Astronomen erst vor wenig mehr als hundert Jahren heraus.

## AUFBRUCH IN EIN NEUES UNIVERSUM

**A**m 12. Juli 2022 gingen die ersten Himmelsfotos des James Webb Space Telescope (JWST) um die Welt. Farbenfrohe Gasstrukturen und funkelnde Galaxien – bestechend schön.

Doch beeindruckend waren die Aufnahmen eigentlich auf eine ganz andere Weise, denn die Farben sind nicht echt, sondern für das menschliche Auge sichtbar gemacht. In Wirklichkeit beobachtet das neue High-tech-Weltraumobservatorium im Infraroten; dieser Wellenlängenbereich liegt jenseits des sichtbaren Spektrums und ist für uns Menschen allenfalls durch Wärmestrahlung wahrnehmbar, wenn diese intensiv genug ist.

Mit dieser Spezialisierung auf das Infrarote setzt das JWST dort an, wo das Hubble Space Telescope (HST), das uns die letzten 30 Jahre neue Einblicke in das Universum beschert hat, an seine Grenzen kam.

In speziell aufbereiteten Aufnahmen der Hubble Deep Fields lassen sich die Spuren der frühesten Galaxien erahnen, die das Universum vor rund 13 Milliarden Jahren hervorgebracht hat. Ihr Licht ist wegen der Expansion des Universums stark ins Rote verschoben, daher werden sie erst im Infrarotlicht sichtbar.

Auch in der aktuellen JWST-Aufnahme des Galaxienhaufens SMACS 0723 finden sich Hinweise auf eine der frühesten Galaxien, die wir jemals zu Gesicht bekommen haben. Doch für das James Webb Space Telescope ist das alles nur der Anfang. Es ist speziell auf diese frühe Epoche des Kosmos ausgerichtet, um den Galaxien bei ihrer Geburt zuzusehen. Zugleich soll es die Frage klären, ob sich Sterne oder aber galaxienähnliche Strukturen zuerst gebildet haben. Historisch folgt das JWST dem Hubble Space Telescope nach, wissenschaftlich betrachtet wird es eine ganz wesentliche Ergänzung sein.

### WELTBILDER IM WANDEL

Vor wenig mehr als 100 Jahren hätten sich Astronomen wohl kaum träumen lassen, dass die Menschheit einmal so weit in den Kosmos hinaus und in die Vergangenheit würde blicken können. Damals beschäf-

tigte sie noch eine ganz andere, aber nicht minder relevante Frage: Sie stritten darüber, ob die Spiralnebel, die sich im Teleskop an verschiedenen Stellen des Firmaments zeigten, Teil unserer eigenen Galaxis seien oder andernfalls eigenständige Sternsysteme bildeten.

Die Debatte darüber schwelte schon lange. Mitte des 18. Jahrhunderts musste das Weltbild eines unendlichen, gleichmäßig mit Sternen befüllten Universums, wie es Sir Isaac Newton (1643–1727) entworfen hatte, an Vollkommenheit einbüßen. Der Blick durch die immer besser werdenden Fernrohre zeigte, dass die Sterne doch nicht so gleichförmig verteilt sind, wie man es damals gerne noch einer höheren, vielleicht göttlichen Ordnung zugeschrieben hätte.

So ließ sich nun auch das blasse Band der Milchstraße teilweise in unzählige Sterne auflösen, die diese Himmelsregion im Gegensatz zum übrigen Firmament dicht aneinandergedrängt bevölkern. Das bewog den englischen Philosophen und Astronomen Thomas Wright (1711–1786) zu der Annahme, in der Milchstraße könnten die Sterne in Ringen angeordnet oder schalenartig um einen gemeinsamen Mittelpunkt kreisen. Der Mittelpunkt dieses Systems stand für Wright noch ganz im Zeichen der Schöpfung. Dennoch wagte er bereits den nächsten Schritt. Er sinnierte darüber, ob die verwaschenen Nebel vielleicht ganz ähnliche Systeme wie die Milchstraße seien und unzählige davon im Universum existierten.

Diese Ideen dachte kein geringerer als der Philosoph Immanuel Kant (1724–1804) weiter. Er entwickelte ein Modell des Kosmos, das in seinem Aufbau erstaunlich nahe an das heute beobachtbare Universum heranreicht. Kant stellte die Milchstraße als eine scheibenförmige Ansammlung von Sternen dar, die sich um ein gemeinsames Zentrum bewegen.

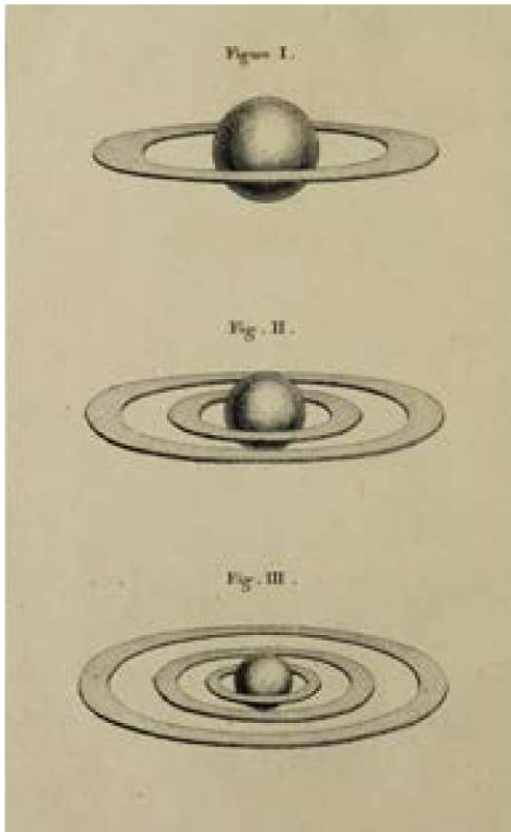
### — Tief geblickt

In einer der ersten Himmelsaufnahmen des James Webb Space Telescope ist der Galaxienhaufen SMACS 0723 zu sehen. Im Hintergrund verbergen sich einige der frühesten Galaxien überhaupt.

**James  
Webb:  
das  
Teleskop  
für die  
frühe  
Epoche  
des  
Universums**



## AUFBRUCH IN EIN NEUES UNIVERSUM

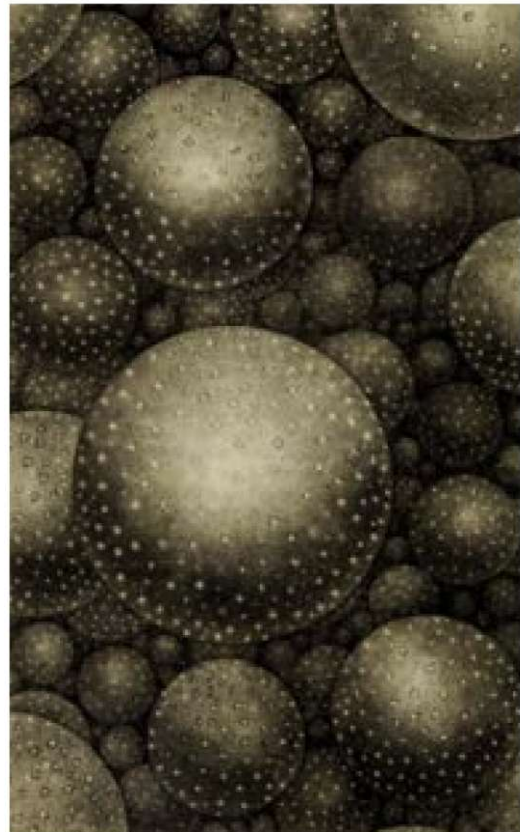


### — Die Milchstraße als Ringsystem?

Im 18. Jahrhundert mutmaßte der englische Philosoph und Astronom Thomas Wright, dass die Sterne in der Milchstraße ähnlich dem Saturnsystem ringartig oder kugelschalenförmig um einen Mittelpunkt kreisen.

Besagte Nebel seien ihrerseits scheiben- oder ellipsenförmige Weltein Inseln, die ebenfalls aus Sternen und Sternhaufen bestehen. Nach Kants Vorstellung fanden sich mehrere Milchstraßen zu Gruppen von Milchstraßen zusammen und diese wiederum zu noch höheren Ansammlungen. Diese hierarchische Struktur ähnelt den Galaxienhaufen und Superhaufen, die wir heute im Kosmos beobachten, schon sehr.

Unabhängig von Kants Werk entwickelte der Mathematiker und Astronom Pierre-Simon de Laplace



### — Unermessliche Schöpfung?

Außerdem ahnte Wright, dass die unscheinbaren Spiralnebel ebenfalls Milchstraßensysteme sein könnten und es davon unzählige im Universum gibt.

(1749–1827) eine Hypothese zur Entstehung des Sonnensystems. Ihr zufolge seien Sonne und Planeten aus ein und derselben gemeinsamen, rotierenden Gaswolke entstanden – übrigens nach wie vor die Grundlage der modernen Theorie der Planetenentstehung. Nach Laplace handelte es sich bei den spiralförmigen Nebeln um solche Gaswolken, aus denen gerade neue Sonnen und Planeten entstanden.

Doch noch waren die Teleskope nicht gut genug, um die eine Hypothese bestätigen, die andere wider-

## FLÜCHTENDE SPIRALNEBEL

legen zu können. Und so entzweiten sich die Astronomen beider Lager über 100 Jahre lang. Erst Anfang des 20. Jahrhunderts, als die Beobachtungsmöglichkeiten ein ganzes Stück weiter ausgereift waren, sollte Bewegung in die Debatte kommen.

Damals arbeitete der junge amerikanische Astronom Vesto Melvin Slipher (1875–1969) am Lowell Observatory in Flagstaff, Arizona. Der Mäzen und Liebhaberastronom Percival Lowell (1855–1916) hatte diese Sternwarte eigentlich dazu bauen lassen, um Mars näher zu beobachten. Wie selbst einige angesehenere Wissenschaftler hielt Lowell die „Canali“, die der italienische Astronom Giovanni Schiaparelli (1835–1910) Ende der 1870er-Jahre beobachtet hatte, für Anzeichen einer Zivilisation auf unserem Nachbarplaneten und wollte diese näher ergründen.

### FLÜCHTENDE SPIRALNEBEL

Doch das neue Observatorium hatte noch weit mehr Potenzial, und so betraute der Leiter der Sternwarte Slipher 1909 damit, den Andromeda-Nebel spektroskopisch zu untersuchen. Wie viele seiner Kollegen war auch Slipher damals ein Anhänger der Sternenhypothese der Spiralnebel. Anhand der Spektralanalyse wollte man mehr über diese Objekte herausfinden und hoffte, dabei zugleich etwas über den Ursprung unseres eigenen Sonnensystems zu erfahren.

Die Spektroskopie hatte sich unterdessen längst als probates Mittel in der Astronomie erwiesen. Dazu wird das Sternenlicht mit einem Prisma – ähnlich wie bei einem Regenbogen durch Wassertropfen – in seine spektralen Bestandteile aufgespalten, die unser Auge als verschiedene Farben wahrnimmt. Dabei treten an bestimmten Stellen im Spektrum dunkle Linien hervor, die sich den aus dem Periodensystem bekannten chemischen Elementen zuordnen lassen.

Die Erklärung dafür, wie diese Linien zustande kommen, lieferte Anfang des 20. Jahrhundert die von Max Planck (1858–1947) begründete Quantenphysik: Die Elektronen in der Atomhülle können dort nur in diskreten Zuständen verweilen und daher nur Licht bei bestimmten Energien aufnehmen und abge-



#### — Eine Zivilisation auf dem Mars?

Percival Lowell wollte die von Schiaparelli entdeckten „Canali“ auf dem Mars mit seiner Sternwarte weiter erforschen. Später stellten sich die vermeintlichen Strukturen auf dem roten Planeten als optische Artefakte heraus.

ben, wenn sie zwischen den Energieniveaus wechseln. Darüber hinaus unterscheiden sich diese Energieniveaus der verschiedenen chemischen Elemente auf charakteristische Weise.

So hinterlässt jedes Element in der Atmosphäre eines Sterns eine charakteristische Abfolge an Spektrallinien im Sternenlicht. Daraus lässt sich also die chemische Zusammensetzung von Sternen ablesen. Darüber hinaus gibt das Spektrum Aufschluss über Temperatur und Dichte der Sternatmosphäre, aber auch über die Dynamik von Sternen und anderen Himmelsobjekten.

Treten die charakteristischen Spektrallinien etwa von Wasserstoff im Sternenlicht bei einer anderen Wellenlänge als im Labor auf, bedeutet das, dass sich das Objekt relativ zum Beobachter bewegt. Der österreichische Physiker Christian Andreas Doppler (1803–1853) beschrieb diesen Effekt zunächst für Schallwellen: Eine Schallquelle sendet in regelmäßi-

## AUFBRUCH IN EIN NEUES UNIVERSUM

gen Zeitintervallen Signale in Form von Schallwellen aus. Bewegt sich diese Schallquelle auf uns zu, hat das jeweils später ausgesandte Signal einen kürzeren Weg zu uns zurückzulegen, als das zuvor ausgesandte. Die Signale kommen also mit einer höheren Frequenz bei uns an, als sie von der Schallquelle ausgesendet werden – die Schallquelle klingt höher als in Ruhe. Entfernt sich eine Schallquelle, haben hintereinander ausgesandte Signale eine jeweils längere Strecke zurückzulegen; die Signale erreichen uns mit einer niedrigeren Frequenz und klingen tiefer. Im Alltag begegnet uns dieser Effekt zum Beispiel bei einem Krankenwagen mit Martinshorn: Kommt der Rettungswagen auf uns zu, hören wir das Martinshorn höher; sobald er an uns vorbeigefahren ist und sich entfernt, erklingt das Martinshorn tiefer.

Ein ähnlicher Effekt tritt auch bei Licht auf. Bewegt sich eine Lichtquelle auf uns zu, wird ihr Licht zu höheren Frequenzen beziehungsweise kürzeren Wellenlängen hin verschoben: Es erscheint blauer. Entfernt sich eine Lichtquelle von uns, verschiebt sich ihr Licht zu niedrigeren Frequenzen, es erscheint rotverschoben.

Slipher war nicht der erste, der sich an den Spektren der unscheinbaren Spiralnebel versuchte. So hatten seine renommierten Kollegen Julius Scheiner (1858–1913) und Max Wolf (1863–1923) in Heidelberg sowie Edward Fath (1880–1959) am Lick Observatory diese Objekte auch schon ins Visier genommen. Doch sie waren so lichtschwach, dass ihnen mit den verfügbaren Mitteln – dem Doppelastrografen der Landessternwarte auf dem Königstuhl oder dem Great Lick Refractor – keine ausreichend scharfen Spektren gelingen wollten, um diese detailliert untersuchen zu können. Alles, was man bis dahin aus den Spektren hatte herauslesen können, war, dass diese nebulösen Objekte offensichtlich Sterne oder Sternsysteme enthielten.

Dabei kommt es bei der Beobachtung von flächigen Objekten wie den Nebeln neben der Qualität des Teleskops vor allem auf Spektrograf und Kamera an. Und so experimentierte auch Slipher am Clark-Refraktor des Lowell Observatory drei Jahre lang mit Fokus und Prisma, bis er endlich einen optimalen Aufbau für seine Zwecke ausgetüfelt hatte. Als ihm schließlich eine erste, ausreichend scharfe Aufnahme

### — Spektrallinien

Mit einem Spektrografen lässt sich das Licht von Sternen oder wie hier von der Sonne in seine Farbbestandteile zerlegen. Die dunklen Linien entstehen, da die unterschiedlichen chemischen Elemente in der Stern- oder Sonnenatmosphäre Licht bei verschiedenen Wellenlängen absorbieren.

