Moderne Methoden der beobachtenden Astronomie (Teil 3)

Ein großer Vorteil von **Weltraumteleskopen**[1] gegenüber erdgebundenen Teleskopen besteht darin, dass es keine Störungen durch Luftunruhe (das sogenannte Seeing[2]) gibt. Weiterhin kann auf Bereiche der elektromagnetischen Strahlung für die Beobachtung zurückgegriffen werden, die sonst durch die Atmosphäre verschluckt würden, wie Gamma-, Röntgen- und Infrarotstrahlung. Das aus dem Jahr 2005 stammende **Bild** 1 zeigt die genutzten Frequenzbereiche von Weltraumteleskopen (und zusätzlich von drei erdgebundenen Anlagen). Damals geplante Teleskope sind grün gekennzeichnet. Prinzipiell besteht bei Weltraumteleskopen auch die Möglichkeit, gegenüber Einrichtungen auf der Erdoberfläche wesentlich längere Basislinien zu realisieren, z.B. in der Radiointerferometrie[3] oder in der Gravitationswellenastronomie[4]. Anfangs wurden Weltraumteleskope ausschließlich im Erdorbit positioniert, in letzter Zeit aber auch zunehmend in Lagrange-Punkten der Erdbahn[5] oder im Sonnenorbit. Seit Ende der 60er Jahre kamen bisher weit über 50 Weltraumteleskope zum Einsatz. Auf eine kleine Auswahl wird im Folgenden näher eingegangen.

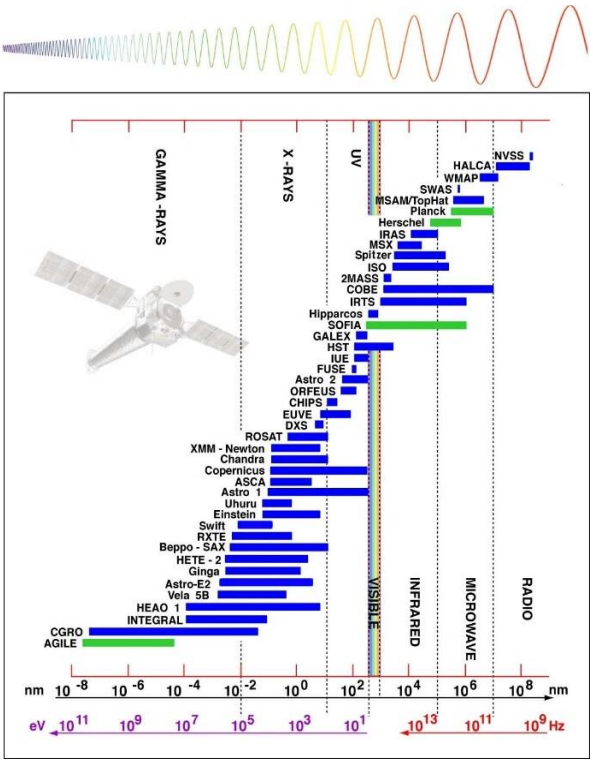

BIld 1 -Weltraumteleskope und ihre Einsatzgebiete[1]

BIld 2 Hubble-Weltraumteleskop[6]

Zu den bekanntesten Vertretern gehört das auf **Bild 2** dargestellte **Hubble-Weltraumteleskop**[6] (englisch: Hubble Space Telescope, HST). Diese von der NASA betriebene Hightech-Anlage verrichtet seit fast 34 Jahren im Erdorbit in ca. 550 km Höhe ihren Dienst für die Menschheit. Wesentliche Missionsziele bestehen nach wie vor in Untersuchungen von Planeten, Sternen, interstellaren Wolken, Schwarzen Löchern, Galaxien, Dunkler Materie und Dunkler Energie. Mit Hilfe einer komplexen Instrumentalisierung wird ein sehr breiter Frequenzbereich der untersuchten elektromagnetischen Strahlung abgedeckt.

Allerdings stand der Beginn der Mission unter keinem guten Stern. Bereits bei der ersten Erprobung zeigte sich ein gravierender technischer Fehler am Hauptspiegel, der zu nicht tolerierbaren massiven Bildfehlern führte. Innerhalb von zweieinhalb Jahren wurde ein Korrektursystem entwickelt und schließlich im Hubble-Teleskop eingebaut. Durch den Einsatz dieser „Brille“ war dann der vorgesehene wissenschaftliche Betrieb ohne nennenswerte Probleme möglich. Im Rahmen weiterer, im Wesentlichen planmäßiger, Service-Missionen erfolgten Wartungs- und Optimierungsarbeiten, die dazu beitrugen, dass das „Hubble“ eine der bislang erfolgreichsten Weltraummissionen der Menschheit ist und uns einen enormen Wissenszuwachs beschert hat. **Bild 3** zeigt eine bekannte Aufnahme aus dem Jahre 2005. Inzwischen weist das Teleskop deutliche Abnutzungserscheinungen auf. Ein Teil der Komponenten ist ausgefallen und man musste auf Backup-Systeme umschalten. Trotzdem ist z.Zt. noch nicht sicher, ob die Mission innerhalb weniger Jahre ihrem Ende entgegen

BIld 3 Whirlpoolgalaxie M51 mit Begleiter [7]

gehen wird oder noch ins nächste Jahrzehnt ausgedehnt werden kann, z. B. unter Mitwirkung des privaten Raumfahrtunternehmens SpaceX.

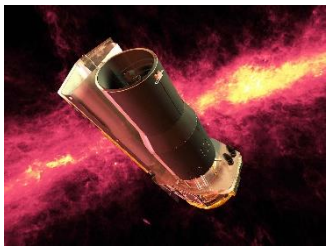

BIld 4 NASA-Computergrafik des SST [8]

Das **Spitzer-Weltraumteleskop**[8] (englisch: Spitzer Space Telescope, SST) ist das bekannteste Infrarotteleskop im All (**Bild 4**). 2003 gestartet und für eine Lebensdauer von fünf Jahren konzipiert sollte es mindestens zweieinhalb Jahre funktionieren. Zur Vermeidung störender Wärmestrahlung von der Erde wurde das SST in einem heliozentrischen, der Erdbahn folgenden Orbit positioniert. Auf seinem Weg um die Sonne entfernt es sich allmählich von der Erde. Während seines Einsatzes konnte die Missionszeit des Teleskops mehrfach verlängert werden und so war es letztlich über 16 Jahre aktiv ehe es 2020 endgültig außer Betrieb genommen werden musste. Der Hauptgrund war die zu groß gewordene Entfernung zur Erde. Während das SST für die Beobachtungsphasen zur Einhaltung der erforderlichen extrem niedrigen Temperatur mit dem „Rücken" zur Sonne gedreht wurde, musste es für die Datenübermittlung zur Erde jedes Mal aus dieser Position herausgedreht werden. Durch den sich mit zunehmendem Abstand von der Erde verändernden Winkel verschlechterten sich der Hitzeschutz und die Ausrichtung der Solarpanele zur Sonne. Das führte zunehmend zu starken Belastungen der Bordbatterie und zur Begrenzung der Datenrate und Verbindungsdauer.

Mit Hilfe seines Infrarotblickes war „Spitzer" an vielen neuen spektakulären Entdeckungen im Universum beteiligt. So wurde u.a. eine 13,4 Mrd. Lichtjahre (Lj) entfernte Galaxie beobachtet - ein neuer Entfernungsrekord. Es wurden neue Erkenntnisse darüber gewonnen, wie sich die Entwicklung der Galaxien im Laufe der Zeit verändert hat. Das SST war Teil der „Deep Impact"-Mission der NASA, bei der eine Raumsonde auf den Kometen Tempel 1 einschlug. Neben vielen weiteren Ergebnissen (s.a. **Bild 5**), geht auch die Entdeckung eines bis dahin unbekannten Staubrings um den Saturn auf das Konto des Teleskops.

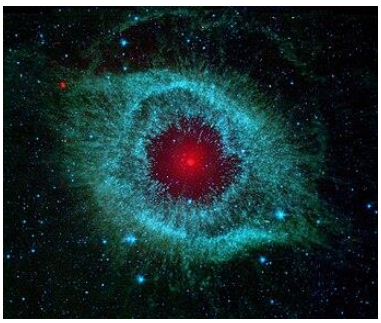

BIld 5 IR-Aufnahme des 700 Lj entfernten Helix-Nebels (NASA/JPL-Caltech)[10]

In einer im Mai 2023 veröffentlichten Studie der US Space Force[9] wurde die Möglichkeit untersucht, das SST, das sich mittlerweile ca. 2 AE (etwa 300 Mio. km) von der Erde entfernt befindet, wiederzubeleben. Allerdings würde es sich bei der erforderlichen Robotermission um die komplexeste handeln, die jemals von der Menschheit durchgeführt wurde. Eine Sonde müsste zum SST fliegen, seine ursprüngliche Leistungsfähigkeit wiederherstellen und nach dem Neustart der Systeme in der Nähe verbleiben um als Hochleistungs-Datenrelais zur Erde zu fungieren. Angesichts der enormen technischen Probleme und Kosten muss man hier jedoch ein großes Fragezeichen setzen.

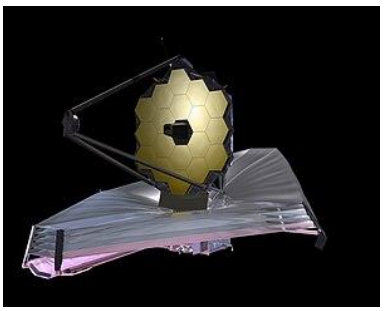

BIld 6 Oberseite des James-Webb-Weltraumteleskops[11]

Eines der neuesten Weltraumteleskope ist das **James-Webb-Weltraumteleskop**[11] (englisch: James Webb Space Telescope, JWST; s. **Bild 6**). Nach 15-jähriger Entwicklungszeit wurde es im Dezember 2021 gestartet und erreichte zwei Monate später seine Umlaufbahn um den 1,5 Mio. km von der Erde entfernten Lagrange-Punkt L2 des Systems Sonne-Erde. Im Juli 2022 wurden die ersten Aufnahmen der Öffentlichkeit präsentiert. Das JWST ist ein Gemeinschaftsprojekt der NASA, ESA und CSA (Kanada) und kann als wissenschaftlicher Nachfolger des HST und des SST betrachtet werden. Mit Kosten von 9,7 Mrd. US-Dollar handelt es sich um das teuerste wissenschaftliche Projekt der unbemannten Raumfahrt.

Das JWST wurde in zusammengefaltetem Zustand zu seinem Einsatzort geflogen. Die komplizierte Entfaltung erfolgte in einem sich über 14 Tage hinziehenden Prozess. Die aufwändige Ausrichtung der 18 Segmente des Primärspiegels nahm weitere erhebliche Zeit in Anspruch, ebenso Funktionstest und

Kalibrierung der Instrumente, woraus sich insgesamt die o.g. lange Anlaufphase ergab. Das Teleskop kreist über der Nachtseite der Erde um L2. Dort kann die aus gleicher Richtung einfallende störende Infrarotstrahlung von Sonne, Erde und Mond wirksam abgeschirmt werden und ununterbrochene Belichtungs- und Beobachtungszeiten sind möglich. Zur Gewährleistung der Stromversorgung und thermischen Stabilität wird das „Webb“ dauerhaft außerhalb des Erd- und Mondschattens geführt. Für Beobachtungen wird das gesamte Teleskop auf das jeweilige Objekt ausgerichtet. Da das Objektiv ständig vor der Sonne durch den Sonnenschild geschützt werden muss, sind zu einem bestimmten Zeitpunkt immer nur 39 % des Himmels beobachtbar, darunter ständig die Polbereiche der Ekliptik. Durch die Bewegung des JWST mit der Erde um die Sonne ist jedoch im Laufe eines Jahres der gesamte Himmel der Beobachtung zugänglich.

Die Forschungsziele für das „Webb“ lassen sich in vier Kategorien einteilen:

- Erste leuchtende Objekte und Galaxien im jungen Kosmos
- Strukturbildungsprozesse im Universum
- Entstehung von Sternen und Planetensystemen, protoplanetare Scheiben
- Für Leben geeignete Planetensysteme

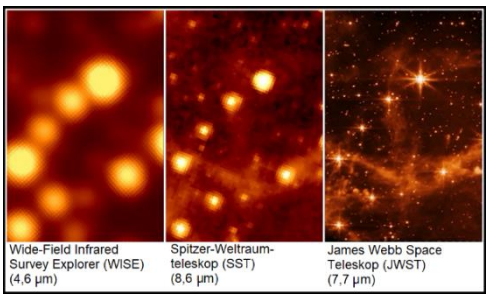

Bild 7 Teleskopvergleich anhand einer Aufnahme der Großen Magellanschen Wolke (Ausschnitt)[11]

Das JWST ist für elektromagnetische Strahlung (rotes sichtbares bis mittleres Infrarot-Licht) teilweise einhundertmal so empfindlich wie das HST. **Bild 7** gibt ein Beispiel der Leistungsfähigkeit verschiedener Teleskope im Vergleich. Ein weiteres Beispiel für die exzellenten Möglichkeiten des JWST ist die Analyse in **Bild 8,** deren Auswertung das Vorhandensein von Wasser auf dem Planeten bestätigt und die Existenz von Wolken in seiner Atmosphäre beweist.

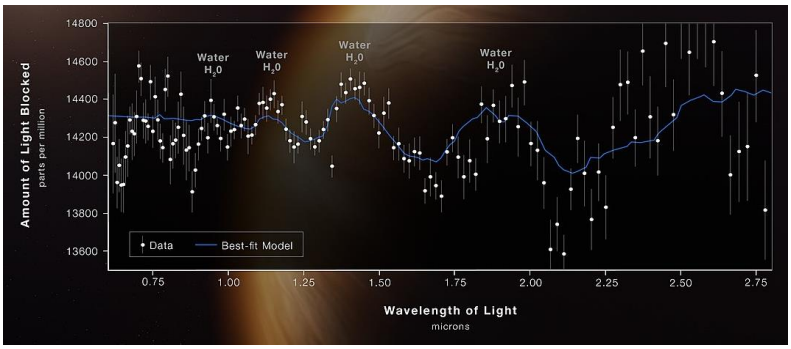

BIld 8 Analyse der Atmosphäre des Gasplaneten WASP-96 b[11]

Durch den optimalen Anflugverlauf des JWST wurde so viel Treibstoff eingespart, dass unter diesem Aspekt die geplante Missionsdauer von fünf Jahren auf mindestens zehn Jahre verlängert werden könnte.

Quellen

1	https://de.m.wikipedia.org/wiki/Weltraumteleskop
2	https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter_2023_12.pdf
3	https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter_2024_01.pdf
4	https://de.m.wikipedia.org/wiki/Laser_Interferometer_Space_Antenna
5	https://astrowis.de/wp-content/uploads/Newsletter_2021_07.pdf
6	https://de.m.wikipedia.org/wiki/Hubble-Weltraumteleskop
7	https://de.wikipedia.org/wiki/Whirlpool-Galaxie
8	https://de.m.wikipedia.org/wiki/Spitzer-Weltraumteleskop
9	https://www.space.com/nasa-spitzer-space-telescope-resurrector-mission-proposal
10	https://de.wikipedia.org/wiki/Helixnebel
11	https://de.wikipedia.org/wiki/James-Webb-Weltraumteleskop

Fortsetzung folgt ...