



**Thema: Satelliten zur Erforschung des Weltalls und der Erdatmosphäre**



**Öffnungszeiten:**

Di 21.11.: 17-19h, Mi 22.11. bis Fr 24.11. täglich von 8-19 Uhr;  
 Sa 25.11. und So 26.11. täglich von 10-17 Uhr, und Mo 27.11. täglich von 8-19 Uhr

**Führungen:**

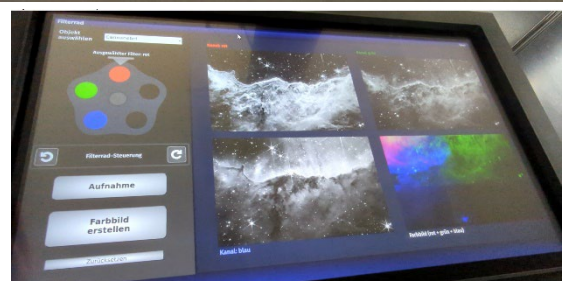
Dauer ca. 35-45 min. Zeiten für Führungen können auf unserer Website gebucht werden:  
[www.sternwarte-rosenheim.de/vortraege](http://www.sternwarte-rosenheim.de/vortraege) (mehr Infos im Newsletter #180 der Sternwarte).

Im folgenden finden Sie einige Detailerklärungen zu den Exponaten in der Ausstellung

**Das James-Webb-Weltraum Teleskop (JWST): Unser größtes Auge im Weltall**



- Gezeigt wird ein Modell des JWST im Maßstab 1:10, es veranschaulicht den 6,5 m Spiegel und die Schutzschilde.
- Ein digitales Filterradmodell, erläutert, wie man Bilder in verschiedenen Wellenlängenbereichen aufnimmt und zu einem Gesamtbild zusammensetzt.



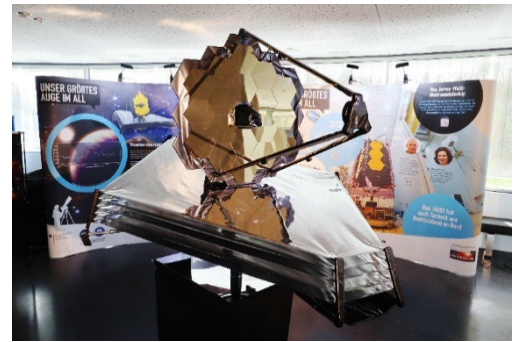
Fotos: NASA, ESA, CSA, Haus der Astronomie, Airbus Space and Defence, Chr. Precht

Sternwarte Rosenheim

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; [www.sternwarte-rosenheim.de](http://www.sternwarte-rosenheim.de)  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

- Interaktive Touchbildschirme zur Erkundung der beteiligten Menschen und der beeindruckenden astronomischen Bilder
- Eine Präsentation mit Filmen zum Bau und Start des Weltraumteleskops veranschaulicht u.a. dessen hochkomplexe Entfaltung im All.
- Diverse Poster erklären mit Barcode-Zusatzscan-Informationen, z.B. was man über verschiedene Objekte herausgefunden hat und noch plant zu entdecken: Galaxien, dunkles Zeitalter kurz nach dem Urknall, Exoplaneten-Atmosphären, ein Blick in Dunkelwolken und vieles mehr .
- Das Webb-Weltraumteleskop arbeitet praktisch nur im infraroten Wellenlängenbereich (Infrarot = IR = Wärmestrahlung, da es auch das frühe Universum beobachten wird (dunkles Zeitalter, Entstehung erster Sterne und Galaxien nach dem Urknall); diese Strahlung ist bis ins Infrarote rotverschoben. Mit Hilfe einer Wärmebildkamera wird das Astro-Team dies detailliert bei den Führungen erklären, s.u. S. 3.
- Allgemeine Infos: <https://de.wikipedia.org/wiki/James-Webb-Weltraumteleskop>
- Didaktisches Material für Schulklassen und andere Interessierte findet sich im Sternwarten-Newsletter #180 der Sternwarte Rosenheim.
- Die Wanderausstellung wurde vom Haus-der-Astronomie in Heidelberg zusammen mit dem dortigen Max-Planck-Institut für Astronomie entwickelt und gebaut und vom Bundesministerium für Forschung und Bildung finanziert.
- Alle Details zur Wanderausstellung: <https://unser-auge-im-all.de/index.html>





Sternwarte Rosenheim



Technische Hochschule  
**Rosenheim**

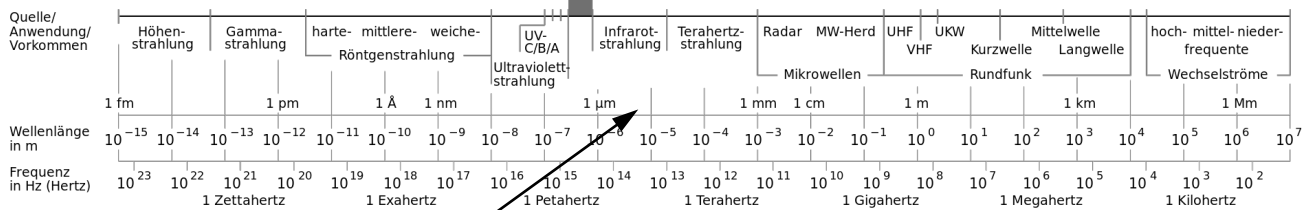
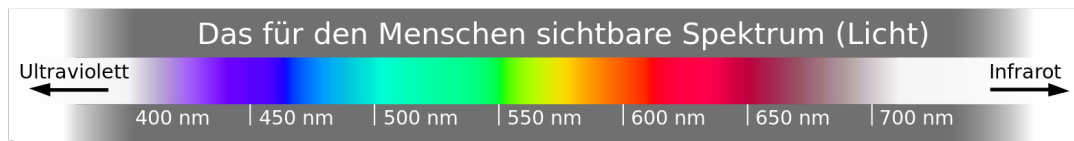


Wissenschaftsjahr 2023  
**unser UNIVERSUM**

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
 James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
 Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

**Eine Infrarot-Kamera veranschaulicht Wärmestrahlung, wie sie das Webb-Teleskop misst**



Sichtbares Licht (Regenbogen-Farben, s.o.) nimmt nur einen kleinen Teil des sogenannten elektromagnetischen Spektrums ein und zwar die Wellenlängen 400-800 nm = 0,4-0,8 µm. In der Astronomie auch VIS für ‚visuell‘ genannt. UV steht für Ultraviolette Strahlung.

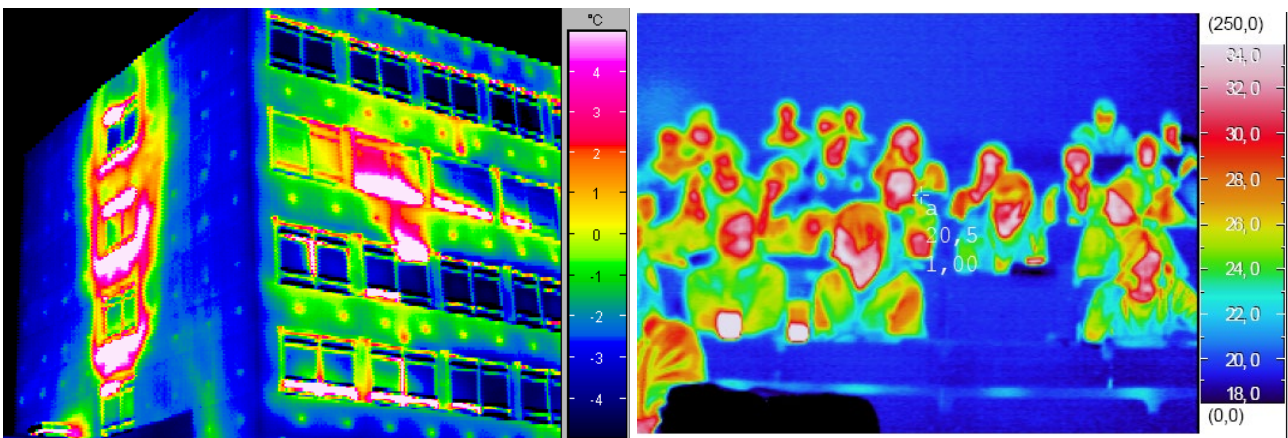
Die **Infrarot-Strahlung** (IR) schließt sich dort an und deckt ca. 0,8 bis 100+ µm ab. Die Experimente auf dem Weltraumteleskop beobachten im Bereich 0,6 bis 30 µm. Durch die Erdatmosphäre dringt diese Strahlung kaum bis zum Erdboden durch.

SW-IR = short wave IR (auch NIR = near IR) bis ca. 2,5 µm

Eine klassische Infrarotkamera, mit der z.B. Wärmebrücken in Gebäuden, oder Lebewesen in kalter Umgebung gemessen werden können, arbeiten um 10 µm. Mit einer solchen Kamera wird bei Führungen durch die Ausstellung die Infrarotstrahlung näher erläutert.



Grafik Wikipedia, Horst Frank, Jaalbird and Phirood Fotos: Flir, THRO



Technische Hochschule  
**Rosenheim**



Wissenschaftsjahr 2023  
**unser UNIVERSUM**

Sternwarte Rosenheim



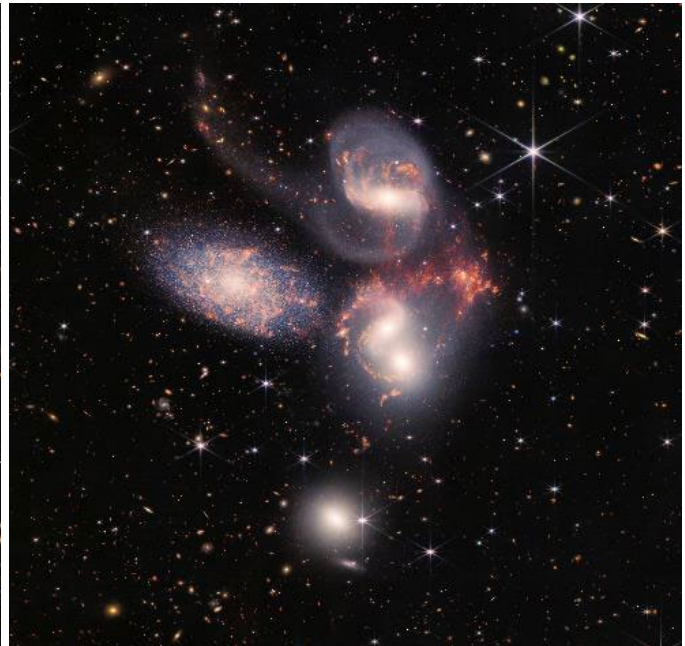
**UNSER GRÖßTES AUGES IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; [www.sternwarte-rosenheim.de](http://www.sternwarte-rosenheim.de)  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

## Einige erste Ergebnisse des James-Webb-Weltraumteleskops (JWST)



Tiefes Bild vom SMACS **Galaxienhaufen**  
(„Deep Field“, 4,6 Milliarden Lichtjahre entfernt)



Stephans Quintett (wechselwirkende Galaxien im Detail  
(300 Millionen Lichtjahre entfernt)



**Sternüberrest** (planetarischer Nebel, Südlicher Ringnebel, NGC 3132, 2000 Lichtjahre entfernt)

Links: Foto von NIRCam im Nahen-IR.

Rechts: Foto von MIRI im mittleren IR (s.u. S. 6) mit Staubstrahlung, der schwächere Stern des Paares im rechten Foto in der Mitte ist die Sternenleiche, die viel Gas ins interstellare Medium als Sternenwind abgegeben hat, heute ist der Stern ein Weißer Zwerg mit  $> 20.000\text{ °C}$  Oberflächentemperatur

Technische Hochschule  
**Rosenheim** 

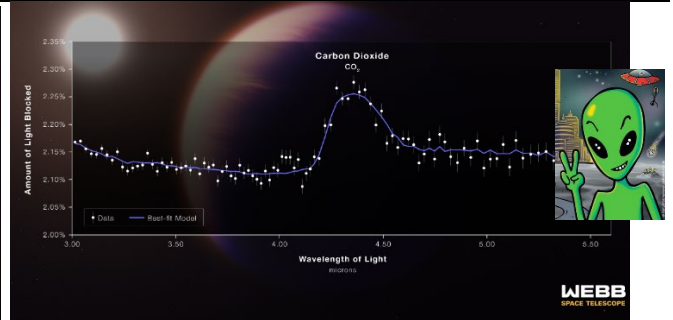
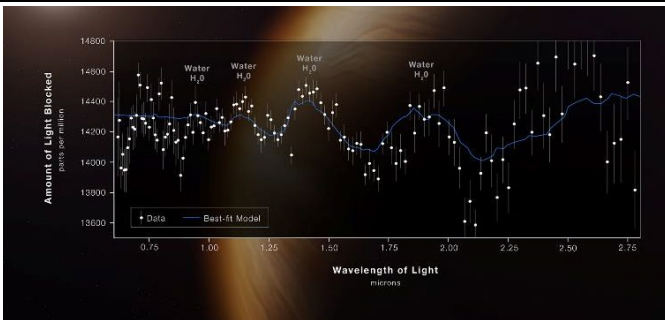
Wissenschaftsjahr 2023  
**UNSER UNIVERSUM**

Sternwarte Rosenheim

Stargazer silhouettes

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

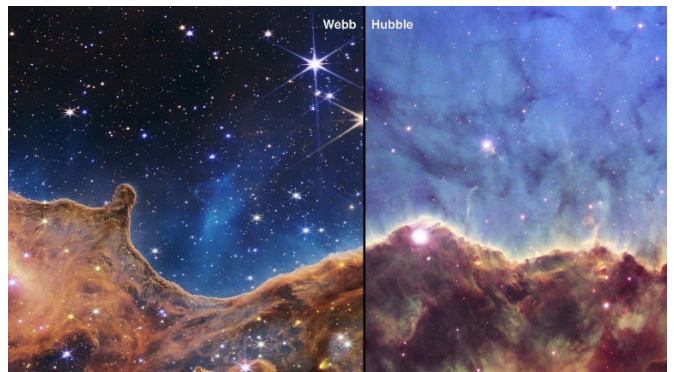
Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; [www.sternwarte-rosenheim.de](http://www.sternwarte-rosenheim.de)  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim



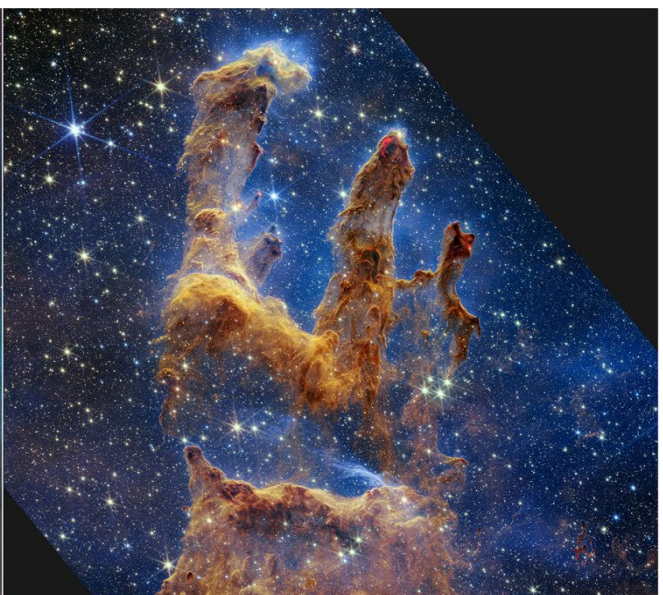
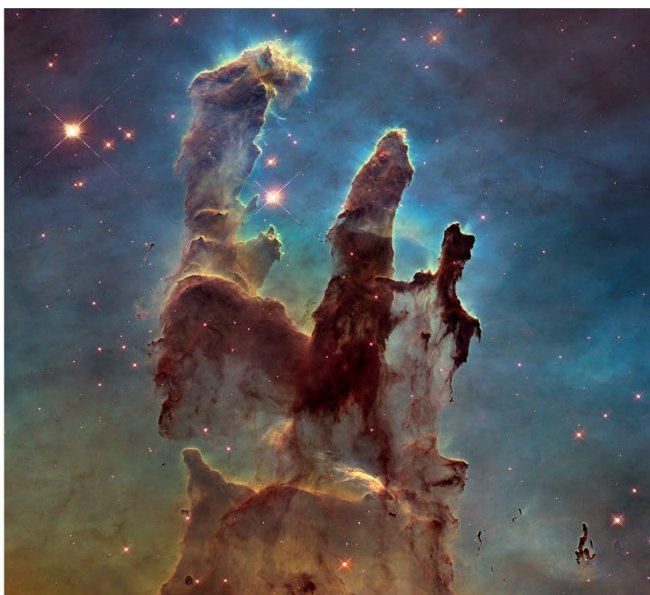
Links: Spektrum **Exoplaneten-Atmosphäre – H<sub>2</sub>O**

Rechts: Spektrum Atmosphäre WASP-39b – **CO<sub>2</sub>**

(Explaneten sind Planeten um andere Sterne. Stand heute sind 5538 Explaneten um 4083 Sterne bestätigt)  
(Das Webb-Weltraumteleskop (JWST) kann die Atmosphären dieser weit entfernten Planeten analysieren, und auch Gase identifizieren, die man mit außerirdischem Leben in Verbindung bringen könnte....)



Rechts und Links **Sternentstehungsgebiet** im Carina Nebel NGC 3324 mit Staub und jungen Sternen  
Rechts: Vergleich Webb (NIR mit Blick in den Staub) mit Hubble (sichtbar, Staub verbirgt vieles)



**Säulen der Schöpfung** im Adlernebel (M16): Links: Hubble-Foto im Sichtbaren (mit viel Staub) und rechts: Webb-Foto im NIR, wo man die vielen neuen jungen Sterne im Staub sehen kann.



Sternwarte Rosenheim



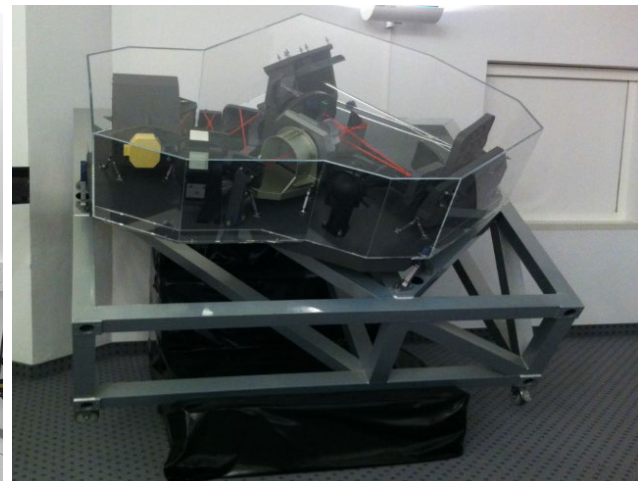
**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

## Das Experiment NIRSpec des Weltraumteleskops („Ottobrunner IR-Spektrograph“)

- Es gibt vier Experimente auf dem JWST:
  - NIRCam (eine Infrarot-Kamera, 0,6-1,5  $\mu\text{m}$ ),
  - MIRI (mitt-Infrarot-Kamera, 5-28  $\mu\text{m}$ ),
  - FGSS-NIRISS (Großgesichtsfeld-Infrarot-Imager, 1,0-2,5  $\mu\text{m}$ ),
  - NIRSpec (Nah-Infrarot-Spektrograph, 0,6-5  $\mu\text{m}$ ).
- **NIRSpec** wurde der bei Airbus Space & Defence in Ottobrunn gebaut.
- Airbus stellt uns ein 1:1 Anschauungsmodell (Mock-up) von NIRSpec in die Ausstellung mit Info-Bildschirm und Erklärungsposter
- Der Airbus Weltraumingenieur Ralf Ehrenwinkler ist seit 2007 von der Testphase bis zur Inbetriebnahme im All für NIRSpec verantwortlich, er übernimmt zusammen mit seinem Kollegen Matti Häberlein einen Teil der Führungen durch die Ausstellung. Die beiden halten am Do 23.11.um 19 Uhr im Raum B0.23 der Technischen Hochschule in Rosenheim einen öffentlichen populärwissenschaftlichen Vortrag zu NIRSpec, zum James-Webb-Weltraumteleskop und den nächsten Teleskopgenerationen.

# AIRBUS



Fotos: Airbus, Ehrenwinkler, Junker

Ein Duplikat des NIRSpec-Spektrographen, der auf dem Webb-Weltraumteleskop fliegt, steht noch im Reinraum bei Airbus in Ottobrunn, die sogenannte „Engineering Test Unit (ETU)“, Foto links. Mit ihr würde man auch erst testen, falls es im Weltraum Probleme gäbe, bevor man möglicherweise Reparatur-Funksignale zum Webb sendet. Das 1:1 Vorführmodell, Foto rechts, in der Ausstellung erläutert die Funktionsweise von NIRSpec-Infrarot-Spektrographen.

### Die Funktionsweise des Infrarospektrographen des JWST in Kürze:

Wir sehen oft die schönen Bilder (s.o. S. 4/5) aus dem Universum (Adlernebel, Pferdekopfnebel etc...). Um damit Wissenschaft betreiben zu können brauchen wir aber zusätzlich die Spektren der Objekte die wir sehen. Denn die Spektren verraten uns welche Elemente sich in den beobachteten Gasen oder Wolken und Objekten verbergen und auch welche Temperaturen dort

Technische Hochschule  
**Rosenheim**

Wissenschaftsjahr 2023  
**unser UNIVERSUM**

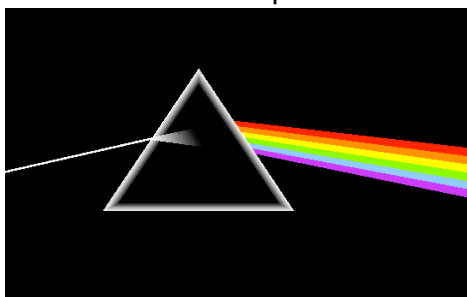
Sternwarte Rosenheim

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

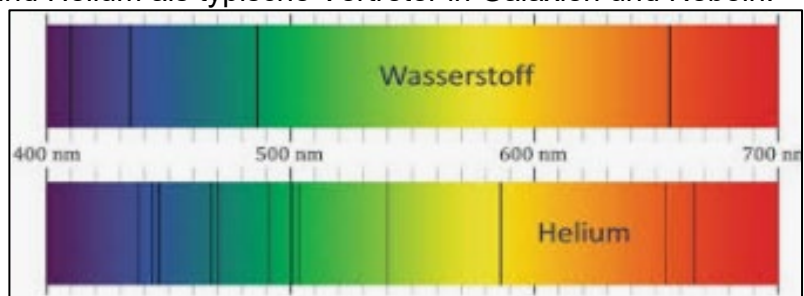
Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

herrschen. Daher braucht das JWST einen Spektrographen der das Infrarote, ankommende Licht zerlegt und die Intensität der Spektrallinien darin detektieren kann. Und das geht so...:

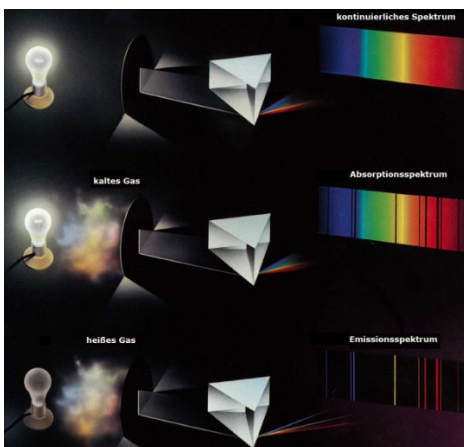
Jedes Element hat im Spektrum des Lichts durch seine Individuelle Absorption und Emission einer bestimmten Wellenlänge, einen Fingerabdruck – wie einen Barcode. Das sind die berühmten Fraunhoferlinien. Bsp. Wasserstoff und Helium als typische Vertreter in Galaxien und Nebeln:



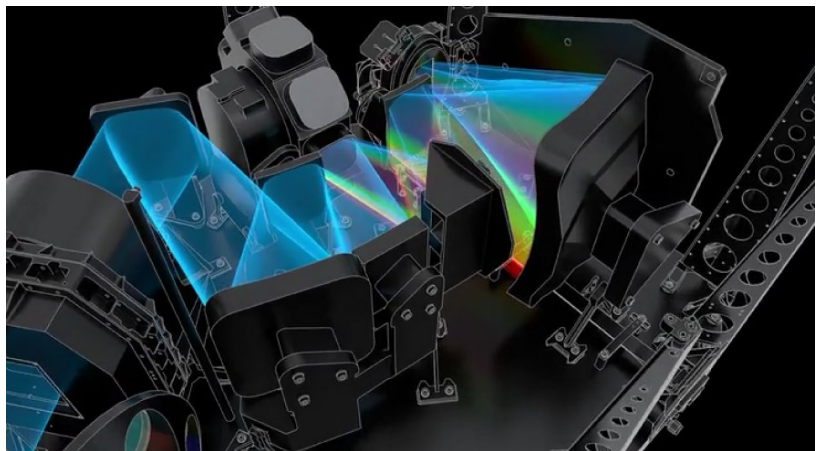
Zerlegung des Lichts im Prisma



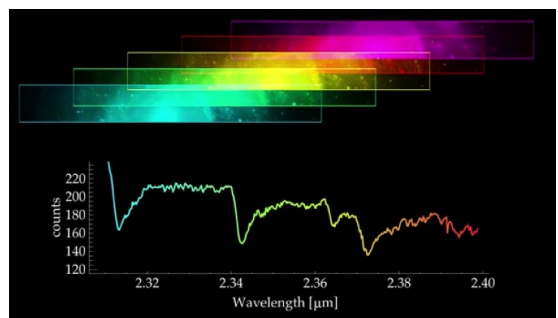
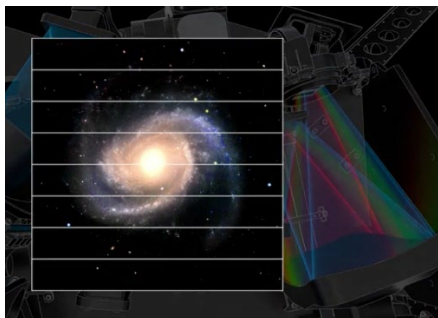
Spektrallinien als Fingerabdrücke der Chemischen Elemente



Emissionslinien & Absorptionslinien



Zerlegung des Lichts an Gittern und Prismen in NIRSpec



Die Szene (hier eine Galaxie) fällt auf die Kamera – wird an verschiedenen Stellen des Objekts zerlegt und die Wellenlängen den Chemischen Bestandteilen des Objekts zugeordnet.

Der große Hauptspiegel des JWST fängt die ankommenden Photonen ein, leitet sie in das Instrumentenmodul um, dort sitzen die Kameras für Nahinfrarot und Mittleres Infrarot (NIRCam und



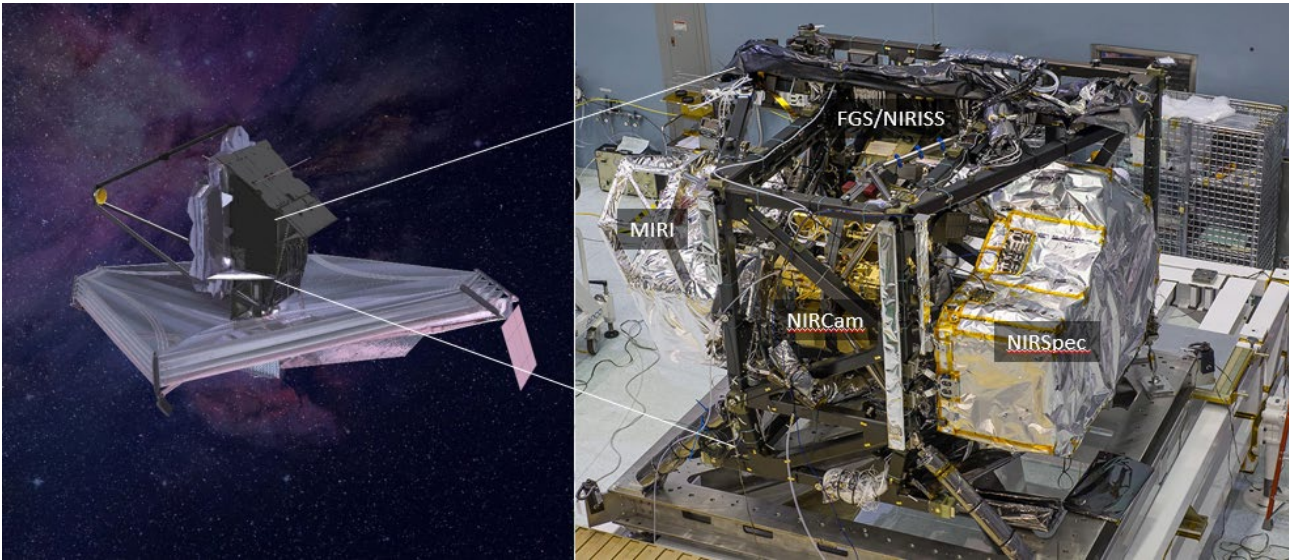
Sternwarte Rosenheim

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

MIRI) und liefern die tollen Bilder. Das Herzstück, bzw. das Arbeitspferd (NIRSpec) hängt daneben und zerlegt das Licht in viele Spektren, zur Auswertung der Szene nach Fraunhoferlinien in Bezug auf die vorkommenden chemischen Bestandteile (in Emission und Absorption).

Dabei kann NIRSpec durch 250000 Türchen ca. 100-200 Spektren gleichzeitig ausgeben, was aufgrund der langen Belichtungszeiten sehr viel Missionsdauer spart. Bsp.: Das „Hubble Ultra Deep Field“ Bild brauchte ca. 11 Tage Belichtungszeit, was NIRSpec in einigen Minuten schafft.

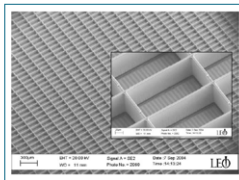


### NIRSpec – ein Superspektrograph

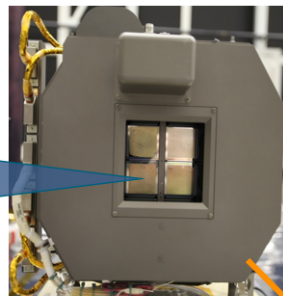


**Problem:** Jedes Spektrum benötigt eine begrenzte Belichtungszeit. Die Missionszeit ist begrenzt

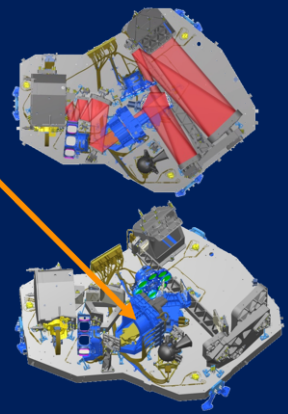
**Lösung:** NIRSpec kann ca. 100 Spektren gleichzeitig aufnehmen, durch die Mikro-Türchen welche einzeln als Apertur geöffnet oder geschlossen werden können



100 µm x 200 µm



### NIRSpec

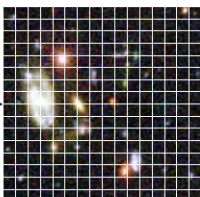


AIRBUS

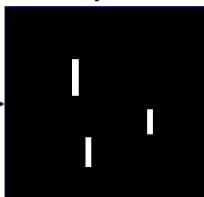
Szene der Beobachtung



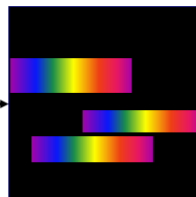
Bild auf der Mikro-Türchen-Maske



Auswahl der Objekte



Spektrum auf dem Detektor





Sternwarte Rosenheim

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023

James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; [www.sternwarte-rosenheim.de](http://www.sternwarte-rosenheim.de)  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

## Die Satelliten Sentinel-4, Sentinel-5 und Merlin erforschen die Erdatmosphäre

Die Ausstellung zeigt Vorfürhmodelle (Mock-ups) dieser Satelliten. (Sentinel = engl. „Wächter“)

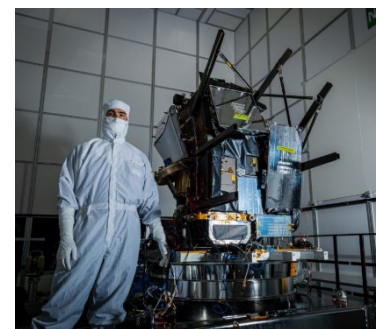
Die Mission ist Teil des Europäischen **Erdbeobachtungsprogramms „Copernicus“**, das von der Europäischen Union gemeinsam mit der Europäischen Weltraumorganisation (ESA) in Zusammenarbeit mit der Europäischen Umweltagentur (EEA) durchgeführt wird.

Der Copernicus Atmosphären Monitor Service (CAMS) umfasst eine Reihe weltraumgestützter Spezialmissionen namens „Sentinels“ (=Wache) und wird von der ESA entwickelt und beschafft. Die Missionen Sentinel-4, -5 und -5 precursor (S4, S5, S5P) sind komplementäre Elemente einer Konstellation, die den Zielen des CAMS dienen. Die geostationäre S4-Mission wird stündliche Daten über troposphärische Bestandteile über Europa liefern, hauptsächlich für Luftqualitätsanwendungen. Sentinel-4 misst die wichtigsten Luftqualitätsparameter NO<sub>2</sub> (Stickstoffdioxid), O<sub>3</sub> (Ozon), SO<sub>2</sub> (Schwefeldioxid), HCHO (Formaldehyd), CHOCHO (Glyoxal) und Aerosole. Komplementär dazu werden die Low Earth Orbiting (LEO)-Missionen S5 und S5p die S4-Zielspezies und zusätzlich CO (Kohlenmonoxid), CH<sub>4</sub> (Methan) und stratosphärisches O<sub>3</sub> (Ozon) liefern, mit globaler täglicher Abdeckung für Klima, Luftqualität und Ozon /Oberflächen-UV-Anwendungen.

**Weblinks:** Copernicus Programm: mit Suchwort: CAMS oder wikipedia.de mit Suchwort Sentinel (Satellit); Sentinel 4+5: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-4\\_and\\_-5](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-4_and_-5) Merlin: [https://de.wikipedia.org/wiki/Merlin\\_\(Satellit\)](https://de.wikipedia.org/wiki/Merlin_(Satellit))

### Sentinel-4

Sentinel-4 wird ca. 2024 auf einem Meteosat-3rd-Generation mitfliegen. Er hat u.a. Spektrometer für UV, VIS und NIR an Bord zur Messung der Atmosphärenzusammensetzung. Rechts Sentinel-4 im Reinraum. Das Hauptziel von Sentinel-4 ist die Überwachung wichtiger Spurengase und Aerosole der Luftqualität über Europa zur Unterstützung des „Copernicus Atmosphere Monitoring Service (CAMS)“ mit hoher räumlicher Auflösung und kurzer Wiederbesuchszeit.



Das Weltraumsegment der Sentinel-4-Mission besteht aus einem Spektrometer zur Abbildung von ultraviolettem, sichtbarem und nahinfrarotem Licht (UVN), das auf dem Satelliten Meteosat Third Generation (MTG-S) eingesetzt wird.

Airbus Defence and Space in Ottobrunn bei München ist der Hauptauftragnehmer für die Entwicklung von Sentinel-4. Der Weltraumingenieur Matti Häberlein, einer der Referenten für des Vortrags am Do

23.11. ist maßgeblich an der Entwicklung der Sentinel-Satelliten beteiligt.

**Sentinel-4 Die Mission**

**Trägersatellit:**  
Meteosat dritte Generation  
Echolot (MTG-S):

- Geostationäre Umlaufbahn
- Startmasse: 3000-kg-Klasse
- Leistung: 2 kW, Solaranlage von 10,7 m<sup>2</sup>
- Datenrate: 260 Mbit/s
- Lebensdauer im Orbit: 8,5 Jahre

**Sentinel-4 Ultraviolet-Visible-Near infrared (UVN) Spectrometer**

Start Masse: 200 kg  
Mittlere Power: 180 W  
Daten Rate < 30 Mbit/sec  
Missionsdauer: > 8 years

**Infrared Sounder (IRS)**

**Start mit Ariane 64 / Kourou:**

- in 2023
- FAR not before Q2 / 2023

Sentinel-4/UVN Instrument auf MTG-S Satellit

## Sentinel-5

Sentinel-5 wird ca. 2025 auf polaren Orbits mit UV, VIS, NIR & VIS-IR Imagern Spurengaskarten der Erde erstellen und Detailinformationen zur Luftverschmutzung zu erhalten. Foto rechts von Sentinel-5 Mockup mit dem Integrationsteam, rechts mit Airbus-Team.

Die Entwicklung des Sentinel-5-Instruments erfolgt durch Airbus Defence & Space, Ottobrunn, im Auftrag der ESA. Viele europäische Industrien haben zu den Subsystemen beigetragen.



**AIRBUS**

Die Hauptmerkmale des Sentinel-5-Instruments sind:

- Typ: Passives Gitterbildspektrometer
- Konfiguration: Push-Broom-Staring (nicht scannend) in der Nadir-Ansicht
- Schwadbreite: 2.670 km
- Räumliche Probenahme: 50 x 50 km<sup>2</sup> (UV1), 7,5 x 7,5 km<sup>2</sup> (alle anderen Kanäle),
- Spektral: 5 Spektrometer (1 in UV1, 1 in UV2VIS, 1 in NIR, 2 in SWIR)
- Radiometrische Genauigkeit (absolut): 3 %, 6 % (SWIR) des gemessenen spektralen Reflexionsgrads der Erde.
- Gesamtmasse: 290 kg.
- Abmessungen (x.y.z): 1,15 x 1,03 x 1,03 m<sup>3</sup>
- Design-Lebensdauer: 7,5 Jahre
- Leistungsbedarf: 300 W
- Erzeugtes Datenvolumen: 139 Gbit pro vollständiger Umlaufbahn  
(Abkürzungen der Spektralbereiche UV, IR; SWIR (shortwave IR), VIS, siehe auch S. 3)

Die Beobachtung erfolgt über den gesamten sonnenbeschienenen Teil der Umlaufbahn (in Bezug auf den Subsatellitenpunkt), während die Instrumentenkalibrierung im dunklen Teil der Umlaufbahn erfolgt.

Noch einige Informationen für Profis: Das Sentinel-5-Instrument besteht aus fünf Spektralketten, die hinter zwei parallel ausgerichteten Teleskopen unterteilt sind: ein Teleskop für UV1 und SWIR-1 und -3 und ein Teleskop für UV2VIS- und NIR-Spektralkanäle. Im nominalen Beobachtungsmodus bieten die Teleskope freien Zugang zum Sichtfeld der Erde. In jedem optischen Pfad des Teleskops ist ein Polarisationsverwürfler enthalten, um die Empfindlichkeit des Instruments gegenüber dem Polarisationsstatus der beobachteten Szene zu verringern. Nach jedem der Teleskope wird der konvergierende Lichtweg mittels dichroitischer Spiegel in die Spektralbänder aufgeteilt und auf Spalten für die Spektralkanäle abgebildet. Jedes der fünf Spektralbänder wird in einer dispersiven Spektrometeroptik analysiert, wonach das Spektrum zusammen mit

Sternwarte Rosenheim

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

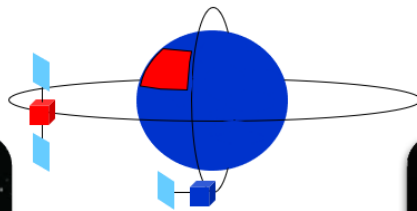
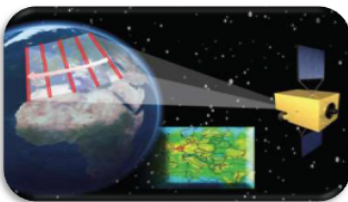
räumlichen Informationen über die Spur hinweg auf einem Detektorarray erfasst wird. Die Spektrometerschlitze verfügen über ein neues Design, um eine Signalmischung entlang der Spur zu ermöglichen, wodurch eine räumliche Signalverzerrung innerhalb jedes räumlichen Pixels erreicht wird und so die Empfindlichkeit des Instruments gegenüber inhomogenen Szenen verringert wird.

DEFENCE AND SPACE

## Sentinel-4 and Sentinel-5 – im Vergleich

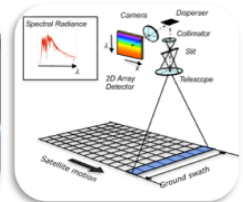
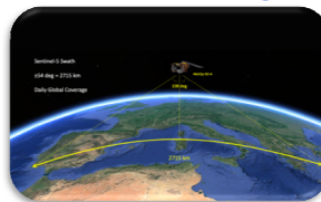
### Sentinel-4

- Geostationär (GEO)
- Stündliche Überflugzeit
- Europa



### Sentinel-5

- Niedriger Erdorbit (LEO)
- Tägliche Überflugzeit
- Globale Abdeckung



	Sentinel-4 Fokus auf kurzlebige Molekylarten in der Troposphäre	Sentinel-5/5P umfasst auch langlebige Arten in der Troposphäre und Stratosphäre
Luftqualität	NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , aerosol, SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , aerosol, SO <sub>2</sub> , CO
Klima	aerosol, O <sub>3</sub>	CH <sub>4</sub> , CO, aerosol, O <sub>3</sub>
Ozone & UV	O <sub>3</sub> , cloud, aerosol	O <sub>3</sub> , cloud, aerosol
Emissionen	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , aerosol, HCHO, CHOCHO	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , aerosol, HCHO, CO, CH <sub>4</sub>

**AIRBUS**

## Merlin



Der deutsch-französische Kleinsatellit MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR Mission) ist eine Klimamission, die das Treibhausgas Methan in der Erdatmosphäre beobachten soll. Mit Hilfe eines LIDAR-Instruments (Light Detecting and Ranging) wird MERLIN ab dem Jahr 2028

Technische Hochschule Rosenheim

Wissenschaftsjahr 2023

unser UNIVERSUM

Sternwarte Rosenheim

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

aus einer Höhe von rund 500 Kilometern das Treibhausgas in der Erdatmosphäre aufspüren und überwachen. Ziel der dreijährigen Mission ist unter anderem die Erstellung einer globalen Weltkarte der Methankonzentrationen. Außerdem soll die Mission Aufschluss darüber geben, in welchen Regionen der Erde Methan in die Atmosphäre eingebracht wird (Methanquellen) und in welchen Gebieten es ihr wieder entzogen wird (Methansenken).



Links: MERLIN Satellit in niedrigem Erdorbit bei der Messung; Rechts, Nutzlastinstrument mit LIDAR

## Warum Methan-Messungen?

Methan ( $\text{CH}_4$ ) ist nach Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ) der zweitgrößte Beitrag zur anthropogenen, also von Menschen verursachten, Klimaerwärmung. Das von den Vereinten Nationen eingesetzte Wissenschaftlergremium Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) bescheinigte Methan ein 25-fach höheres Potenzial zur globalen Erwärmung als  $\text{CO}_2$ . Der weltweite Methangehalt stieg seit Beginn der Industrialisierung aufgrund anthropogener Emissionen auf die doppelte atmosphärische Konzentration an - der Gehalt von Kohlendioxid "lediglich" um 30 Prozent.

### LIDAR funktioniert bei Tag und Nacht:

Bisher wurde die globale Methankonzentration beispielsweise vom europäischen Umweltsatelliten ENVISAT mit dem Instrument SCIAMACHY, vom japanischen Satelliten GOSAT und vom Instrument TROPOMI an Bord des europäischen Umweltsatelliten Sentinel-5P beobachtet. Alle drei arbeiten mit sogenannten "passiven" Instrumenten. Das heißt, sie nutzen das vom Erdboden zurückgestreute Sonnenlicht, um den Spurengasgehalt (beispielsweise  $\text{CH}_4$ ) in der Atmosphäre zu messen. Sie sind somit auf Tageslicht angewiesen und liefern nur bei klarem Himmel optimale Messwerte.

Mit MERLIN kommt hingegen ein "aktives" LIDAR-Instrument zum Einsatz. Es verfügt über eine eigene "Beleuchtung" (den Laser) und kann somit auch bei Nacht oder selbst durch dünne Zirruswolken hindurch messen. Zur Messung der Konzentration eines bestimmten Spurengases werden Lichtpulse in zwei nah beieinander liegenden Wellenlängen ausgesandt. Die eine Wellenlänge wird von dem gesuchten Spurengas absorbiert (Lambda-on), die andere nicht (Lambda-off).

UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
 James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
 Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

off). Aus der Differenz der beiden vom Erdboden zurück gestreuten Signale kann die Methankonzentration sehr genau bestimmt werden.

Die Technologien für das LIDAR-Instrument, das auf MERLIN installiert wird, liefern deutsche Industrieunternehmen und Forschungsinstitute. In verschiedenen von der Deutschen Raumfahrtagentur DLR und von der ESA geförderten Projekten wurde unter anderem von den Firmen Airbus Defence and Space (Ottobrunn), OHB (München), Cassidian Optronics (Oberkochen) und Jena Optronik (Jena), sowie dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (Aachen) Technologien für zukünftige LIDAR-Instrumente entwickelt und getestet.

Auf deutscher Seite liegt die wissenschaftliche Verantwortung für das Instrument bei der LIDAR-Abteilung des DLR-Instituts für Physik der Atmosphäre (IPA) in Oberpfaffenhofen. Sie entwickelt und betreibt bereits flugzeuggestützte LIDAR-Systeme, mit denen beispielsweise Windstärke, Wasserdampf-, Methan- oder Kohlenstoffdioxidgehalt der Atmosphäre gemessen werden. Das vom IPA entwickelte, und auf dem gleichen Messprinzip wie MERLIN basierende, Methan- und Kohlendioxid-LIDAR CHARM-F wird seit einigen Jahren bereits erfolgreich auf dem DLR-Forschungsflugzeug HALO eingesetzt, so dass diese Messmethode für die MERLIN-Mission vorab erprobt werden kann.

In den Jahren 2010 bis 2015 wurde gemeinsam von CNES und Deutscher Raumfahrtagentur im DLR eine wissenschaftliche Konzept- und eine technische Machbarkeitsstudie erstellt sowie das vorläufige technische Design für das Satellitensystem erarbeitet.

### MERLIN MISSION

**Integrated Path Differential Absorption (IPDA)**

- Integrated Path Differential Absorption (IPDA) lidar
- $\lambda_{on}: 1645.552 \text{ nm} = 6076.988 \text{ cm}^{-1}$
- $\lambda_{off}: 1645.846 \text{ nm} = 6075.903 \text{ cm}^{-1}$
- acquisition: all over the orbit, without interruption (20Hz)
- averaging of the data along track on 50 km for SNR purpose

### MERLIN

**IPDA LIDAR-Prinzip:**

- Bestimmung der gesamten Methansäulendichte zwischen Satellit und Erdoberfläche oder Wolkendecke
- Methanmenge, berechnet aus unterschiedlichen Absorptionen bei zwei Laserwellenlängen (online und offline), reflektiert auf der Erdoberfläche oder Wolkendecken
- Die Dämpfung aufgrund der atmosphärischen Methanabsorption ist bei der Online-Wellenlänge stark. Die Offline-„Referenz“-Wellenlänge ist so ausgewählt, dass sie nur geringfügig von der Methanabsorption beeinflusst wird

**AIRBUS**



Sternwarte Rosenheim

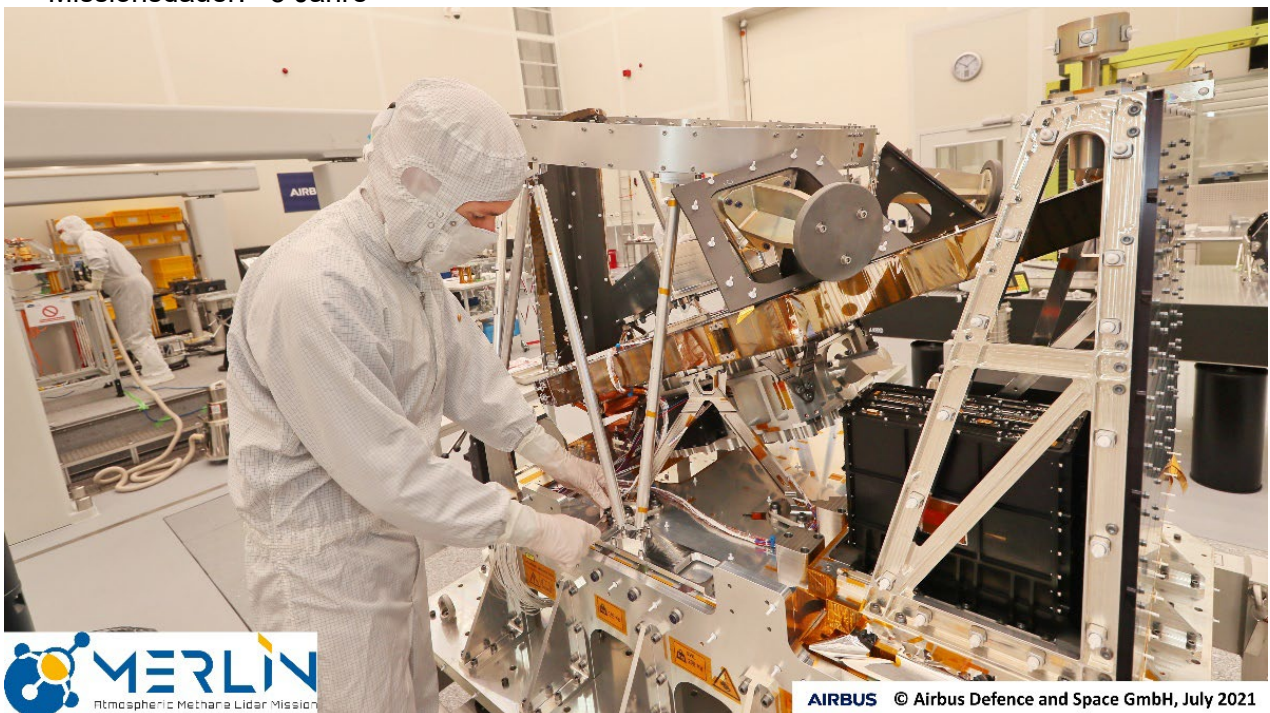
**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023

James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; [www.sternwarte-rosenheim.de](http://www.sternwarte-rosenheim.de)  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

Die finale Designphase wurde im Jahr 2020 erfolgreich abgeschlossen. Im Jahr 2028 soll der Satellit in den Weltraum starten. Seitdem befindet sich das Projekt in der Bauphase. Hauptauftragnehmer ist weiterhin die Airbus Defence and Space GmbH in Ottobrunn, unterstützt durch mehrere Unterauftragnehmer, insbesondere das Fraunhofer Institut für Lasertechnik Aachen, das für das Laser-Subsystem verantwortlich ist.

- Start: 2028
- Orbithöhe: ca. 500 km
- Orbittyp: niedriger polarer sonnensynchroner Orbit
- LTAN 6 h (alternativ 18 h)
- Satellitenmasse: ca. 430 kg
- Satellitengröße: ca. 1000 x 1000 x 1400 mm
- Instrument: Methan LIDAR (aus Ottobrunn)
- Messprinzip: Integrated Path Differential Absorption (IPDA) LIDAR
- Instrumentenmasse: ca. 150 kg
- Instrumentengröße: ca. 820 x 830 x 1010 mm
- Satellitenbus : MYRIADE Evolution (aus Frankreich)
- Energieverbrauch: LIDAR ca. 150 W
- Laserwellenlängen: 1645.552 nm (lambda-on)/1645.846 nm (lambda-off)
- Pulsenergie Laser: 9 mJ
- Pulsrate Laser: 20 Hz (Doppelpuls)
- Missionsdauer: 3 Jahre



AIRBUS © Airbus Defence and Space GmbH, July 2021

Fotos: N Airbus Space and Defence, DLR, CNES

MERLIN LIDAR Instrument im Reinraum (Struktur-Thermal-Modell)

Technische Hochschule Rosenheim  
Wissenschaftsjahr 2023  
unser UNIVERSUM

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; www.sternwarte-rosenheim.de  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

### Vortrag zur Weltraumausstellung: Do 23.11.2023, 19 Uhr, Raum B0.23

- Matti Häberlein und Ralf Ehrenwinkler, Airbus Defence and Space, Ottobrunn
- **„Bau Orbit gebundene Instrumente für die Astronomie: Die Reise des Ottobrunner-Spektrographen mit dem Weltraumteleskop ins All & nächste Teleskopgenerationen“**

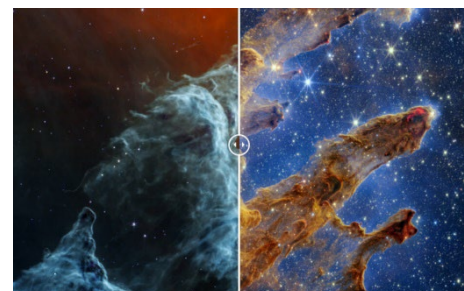
Das James Webb Space Telescope (JWST), die Nachfolge-mission des Hubble-Weltraumteleskops (HST), versprach einen Quantensprung in der Erforschung des Weltraums im Infrarotbereich. Eines der vier Instrumente auf dieser Mission, der Near InfraRed Spectrograph (NIRSpec), wurde von Airbus Defence and Space GmbH entwickelt und gebaut. Erste Ergebnisse zeigen, dass er hält, was er versprochen hat.

Ralf Ehrenwinkler wird Sie auf die Reise von NIRSpec mitnehmen: Von Ottobrunn bis zum Ziel, der 1,5 Millionen Kilometer von der Erde entfernt im All. Er zeigt, was NIRSpec auszeichnet & seinen Weg vom Start bis zur Inbetriebnahme.

Ralf Ehrenwinkler arbeitet seit 2007 für NIRSpec bei Airbus, von der Designphase über den Zusammenbau und war für die Testphase verantwortlich. Die 6 Monate der Inbetriebnahme des JWST wurden von einem Airbus Team, unter seiner Leitung unterstützt. Er hat daher den kompletten Lebenszyklus des Instruments miterlebt, er ist auch aktuell beim wissenschaftlichen Betrieb von NIRSpec immer noch unterstützend tätig.

Generell stellen orbitgebundene Teleskope und optische Instrumente für die Astronomie heute eine wichtige Forschungs-Infrastruktur und einen relevanten Beitrag zur wissenschaftlichen Erforschung astronomischer und kosmologischer Fragestellungen, Parameter und Größen dar. Matti Häberlein wird im Rahmen des Vortrags einen Überblick gegeben, über die besonderen ingenieurstechnischen Herausforderungen und technologischen Hürden, die es hierbei auf dem Weg in den Orbit zu meistern gibt. Es gibt also eine Übersicht über einige aktuell im Betrieb befindliche Observatorien mit Ausblick auf die kommenden Missionen, samt einem kleinen Feuerwerk von neuen Fotos des Weltraumteleskops mit vielen spannenden neuen Erkenntnissen.

Matti Häberlein arbeitet seit 2011 als Raumfahrt-Ingenieur bei Airbus. Er begleitete NIRSpec für das Webb-Teleskop und arbeitete als Systemingenieur für Raumfahrtmechanismen und optische Instrumente an unterschiedlichen Satellitenprojekten für Astronomie-Zwecke, sowie Erdbeobachtungsmissionen mit, z.B. bei Gaia, Swarm, METop, Sentinel, Meteosat Third Generation, Lisa Technology Package und Merlin. Er kennt die Anforderungen an orbitgebundene wissenschaftliche Instrumente und Teleskope sehr gut und besonders deren technologische Herausforderungen auf dem Weg in den Orbit.



Fotos: NASA, ESA, CSA, CNES, Ariane Space, Airbus

Sternwarte Rosenheim

**UNSER GRÖßTES AUGE IM ALL** Ausstellung: 21. - 27. Nov. 2023  
James-Webb-Weltraumteleskop & mehr Vortrag: 23. Nov. 2023

Prof. Dr. E. Junker / Fakultät für Angewandte Natur- und Geisteswissenschaften / Physik-Astronomie; [www.sternwarte-rosenheim.de](http://www.sternwarte-rosenheim.de)  
Technische Hochschule Rosenheim – Technical University of Applied Sciences, Sternwarte, Hochschulstr. 1, D-83024 Rosenheim

Der Vortrag wird aufgezeichnet und steht Anfang 2024 auf [uwudl.de](http://uwudl.de), bzw. YouTube-Kanal UWudL zur Verfügung. Siehe auch Vortragsarchiv auf der website der Sternwarte Rosenheim.

### Astro-Newsletter der Sternwarte

Immer informiert: Was ist besonderes los am Himmel, Öffnungszeiten und Sonderführungen auf der Sternwarte und Ankündigung der öffentlichen Astronomie-Vorträge an der TH-Rosenheim.

Infos zum **Abo** des Newsletters (ca. 8mal/Jahr) auf: [www.sternwarte-rosenheim.de/newsletter](http://www.sternwarte-rosenheim.de/newsletter) ist erklärt, wie Sie selbst den Newsletter abonnieren. (wählen Sie ‚Astro-liste‘, nach ‚übermitteln‘ die Anmelde-Email noch bestätigen).



### Spenden (steuerlich absetzbar)

Der Unterhalt der Sternwarte wird auch weiterhin aus Spendenmitteln finanziert. Gerne werden **Spenden** entgegen genommen unter: IBAN: DE49 7115 0000 0000 2156 32 (SWIFT: BYLA-DEM1ROS), (d.h. Sparkasse Rosenheim Kontonr. 215632, BLZ 711 500 00; Kontoinhaber: Hochschule Rosenheim), Betreff: Spende Sternwarte und Ihre Adresse. Bis 300 € reicht der Kontoauszug, ansonsten ist die Ausstellung einer Spendenquittung möglich. Großer Dank an alle bisherigen Spender/innen!

Mit besten astronomischen Grüßen und Wünschen  
All Time Clear Skies

Ihr Prof. Dr. Elmar Junker  
mit TH-Sternwarten-Team: M.Kliemke, C.Schmidt, A.Nieswandt, J.Lacković.

**Dank** an alle Helfer der Ausstellung: aus der TH Rosenheim, Mitarbeitern (insbesondere: die Hausmeister, Medienteam, Frau Ranzinger), Studierenden, Schüler/innen des Ignatz-Gymnasiums, dem Airbus-Team um Matti Häberlein und Ralf Ehrenwinkler mit allen Kolleg/in/en von Airbus Defence and Space in Ottobrunn für deren Exponate, Poster, Texte, dem DLR Oberpfaffenhofen für das MERLIN Modell, dem Haus der Astronomie in Heidelberg für die Wanderausstellung zum Weltraumteleskop und der Bundesregierung für die Förderung der JWST-Ausstellung.

„Das Weltall: Du lebst darin – Entdecke es“

Eine Initiative des Bundesministeriums  
für Bildung und Forschung

Alle Informationen zum Wissenschaftsjahr 2023:  
<https://www.wissenschaftsjahr.de/2023/>  
Deutschlandweit gibt es heuer viele Astro-Events:  
<https://www.wissenschaftsjahr.de/2023/veranstaltungen>

