



Mit der Drohne zum Mars

Helikopterdrohne, Kameras und Sensoren auf High-Tech-Erkundungsmission

Seit Juli 2020 läuft die aktuelle Marsmission, die neben dem High-Tech-Rover „Perseverance“ auch einen kleinen Helikopter, „Ingenuity“ genannt, an Bord hat – ein Versuch, ob Rotorfliegen in der Marsatmosphäre funktioniert. Doch das ist nur ein technisches Detail der Marsmission, die Hauptrolle spielen Kameras und hochmoderne Sensoren bis hin zum Bodenradar. Damit sollen die letzten Erkundungen vor der bemannten Marsmission erfolgen. Wir werfen einen Blick auf die Technik des Rovers und seines kleinen fliegenden Begleiters.





Bild 1: Ein Blick auf die nächste Mission – mit der „Mars Sample Return Mission“ sollen die von „Perseverance“ gesammelten Proben zur Erde befördert werden.
Bild: NASA/JPL



Lift off Richtung Mars

Wenn dieses ELVjournal erscheint, sind es nur noch einige Wochen, bis am 18. Februar die aktuelle Marsmission nach 480 Millionen Kilometern ihre nächste große Bewährungsprobe bestehen wird – die Landung des vom Jet Propulsion Laboratory (JPL) der NASA entwickelten Rovers „Perseverance“ („Beharrlichkeit“, von den NASA-Ingenieuren auch kurz „Percy“ genannt) auf dem Mars, am Rande des Jezero-Kraters.

Schwerpunkt der Mission ist – neben der Klimaerforschung in Hinblick auf zukünftige bemannte Missionen – die geologische Erkundung. In der folgenden

Mission soll sogar aufgenommenes Material neben atmosphärischen Proben zur Erde gebracht werden (Bild 1), bevor dann eine bemannte Mission startet.

Die Marsmissionen der NASA haben eine lange Tradition. Inklusiv der laufenden Mission „Perseverance“ sind es bereits mehrere Missionen, begonnen mit der Landung der Pathfinder-Mission mit dem ersten Rover „Sojourner“ am 4. Juli 1997, gefolgt von „Spirit“/„Opportunity“ sowie der derzeit noch aktiven Mission mit dem Rover „Curiosity“ (Bild 2). In Bild 3 sind die drei bisherigen Rover im direkten Modellvergleich zu sehen. Der aktuelle Mars-Rover „Perseverance“ ist noch ein ganzes Stück größer (Bild 4), erheblich umfangreicher ausgestattet und soll schweres Gelände im Zielgebiet noch besser bewältigen können.

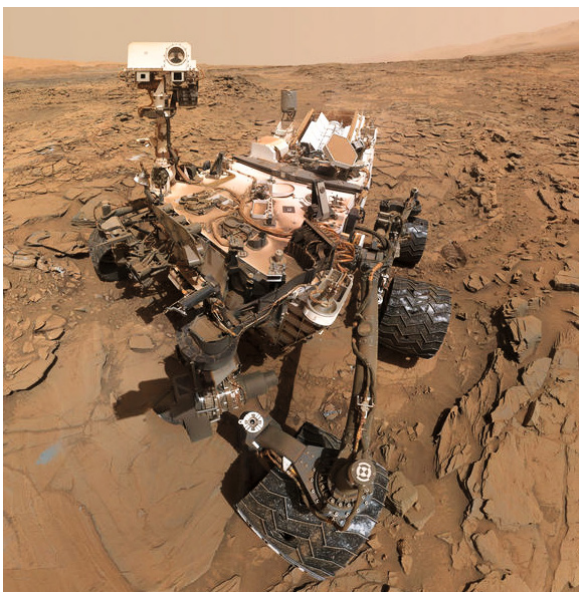


Bild 2: Ein „Selfie“ des derzeit noch aktiven Rovers „Curiosity“, der seit 2012 den Mars erkundet. Bild: NASA/JPL



Bild 3: Die drei ersten Mars-Rover im direkten Größenvergleich: In der Mitte „Sojourner“, links „Spirit“, rechts „Curiosity“. Bild: NASA/JPL

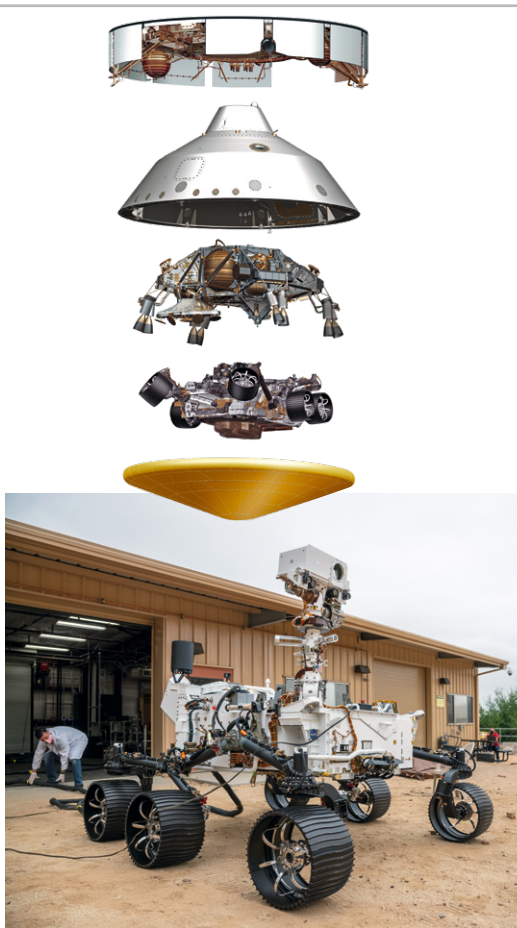
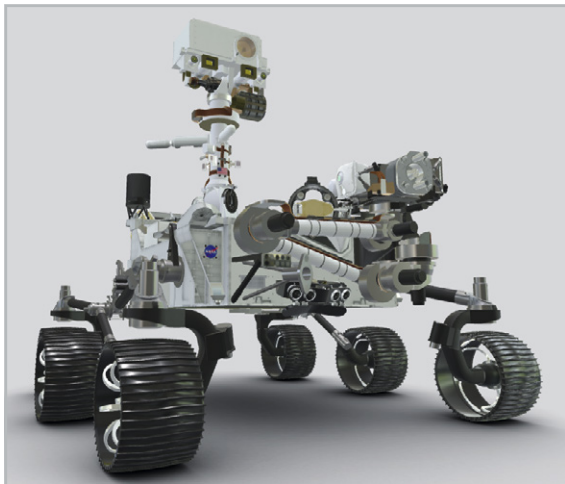


Bild 4: „Perseverance“ hat eine beeindruckende Größe, wie man hier im Vergleich zu seinen Erbauern sehen kann (Fotos unten). Rechts oben sieht man, wie Lander und Rover in der Raumkapsel transportiert werden. Bilder: NASA/JPL

Mit an Bord ist – schon traditionell – auch deutsche und europäische Technik, hauptsächlich in der Sensorik, der Bohr- und Kamertechnik, aber auch beim fliegenden Begleiter des Mars-Rovers, dem kleinen Helikopter „Ingenuity“ („Einfallsreichtum“).

Sensorik „Made in Europe“

„If it works on Mars, it works anywhere“ – so wirbt das finnisch-deutsche Unternehmen VAISALA für seine Umweltsensoren. Tatsächlich war der Sensorspezialist bereits Lieferant für „Curiosity“. Sowohl dieser Rover als auch der aktuell fliegende hat hochrobuste, langzeitstabile und hochpräzise Klimasensoren, basierend auf der HUMICAP- und BAROCAP-Reihe [1] an Bord, die wesentlich für die Erforschung der Marsatmosphäre verantwortlich zeichnen. Denn diese ist, neben der Suche nach Wasser, essenziell für die Planung

bemannter Missionen. Deshalb soll die nächste Mission „Mars Sample Return“ auch Proben aus der Marsatmosphäre mit zur Erde zurückbringen.

VAISALA ist einer der weltweiten Marktführer für Umweltsensorik, das Unternehmen entwickelt hochspezialisierte Sensoren und Monitoringssysteme zusammen mit dem Finnischen Meteorologischen Institut (FMI). Eine große Forschungsgruppe agiert dabei auch in der deutschen Dependence von VAISALA.

Die Feuchtesensoren der HUMICAP-Reihe basieren dabei auf Erfahrungen seit 1973 – sie waren die weltweit ersten kapazitiven Dünnschicht-Feuchtesensoren (Bild 5), die sich später zum Industrie-Standard entwickelt haben. Quasi die gleiche Geschichte haben die seit 1985 stetig fortentwickelten Drucksensoren der BAROCAP-Reihe, sie basieren auf mikromechanischen Strukturen (Bild 6). Auf „Perseverance“ sind diese in komplexen Strukturen in Sensor-Shields (Bild 7) verbaut. Was hier die Technik auszuhalten hat, zeigt allein ein Blick auf die Temperaturen auf dem Mars: Sie bewegen sich im Tagesverlauf zwischen -88 °C und -23 °C.

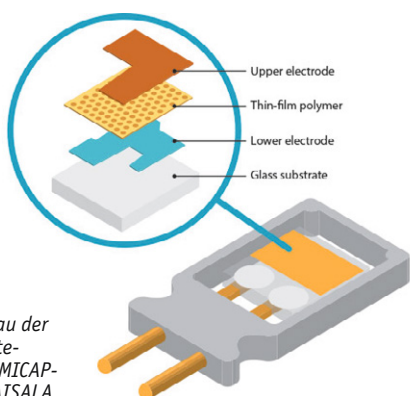


Bild 5: Der Aufbau der Dünnschicht-Feuchtesensoren der HUMICAP-Reihe. Grafik: VAISALA

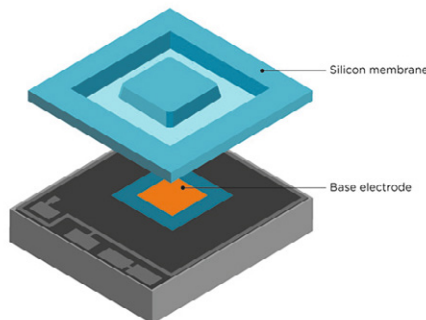


Bild 6: Aufbau und Funktion der Mikromechanik-Drucksensoren der BAROCAP-Reihe. Grafik: VAISALA

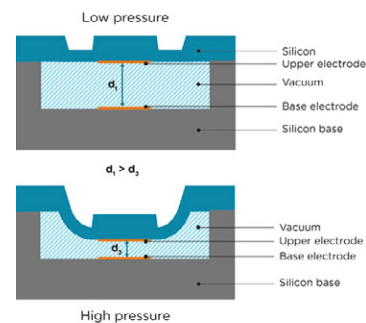
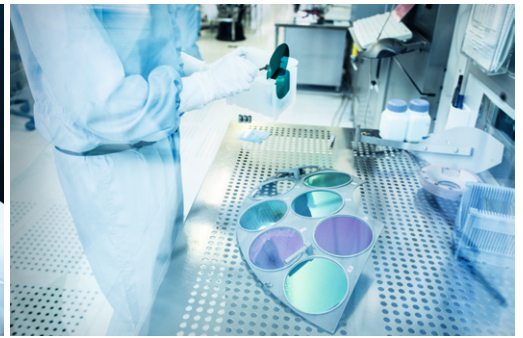
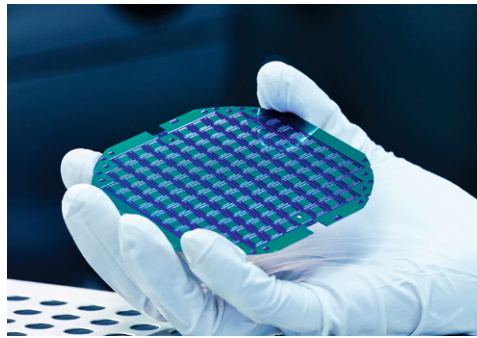




Bild 7: Die BAROCAP-Sensoren werden in Wafer-Anordnungen produziert und in die Sensor-Shields des Rovers eingebaut. Bilder: VAISALA



Aber nicht nur Sensoren von VAISALA fliegen auf der Mission mit. So hat das Leibniz-Institut für Photonische Technologien (Leibniz-IPHT) aus Jena spezielle Thermosensoren (Bild 8) entwickelt, die die Oberflächentemperatur des Mars berührungslos messen [2]. Das Institut dazu: „Vom Hals des Mars-Rovers aus vermessen sie den Planeten. Die Thermosensoren aus dem Leibniz-IPHT sind Teil des Instrumentenpakets MEDA (Mars Environmental Dynamics Analyzer), das ein Forschungsteam der spanischen Weltraumorganisation INTA entworfen hat. Es liefert Informationen über das Wetter – einschließlich Windgeschwindigkeit und -richtung (Bild 9), Temperatur und Feuchtigkeit – und misst die Menge und Größe von Staubpartikeln in der Marsatmosphäre. Damit spiele es eine Schlüsselrolle, um die Erforschung des Planeten durch den Menschen vorzubereiten, heißt es von der NASA, die mit dem Rover auch Methoden prüfen will, um Sauerstoff aus der Marsatmosphäre zu gewinnen und nach weiteren Ressourcen wie etwa Wasser unter der Oberfläche zu suchen.“

„Perseverance“ ist ein extrem komplexer Sensorträger, wie man sehr anschaulich im Einzelnen unter [3] erkunden kann. Eine besonders interessante Sensorik befindet sich unter dem Rover – das RIMFAX-Instrument (Bild 10), ein Bodenradar, mit dem die Bodenstruktur unter der Marsoberfläche zerstörungsfrei erkundet werden soll.

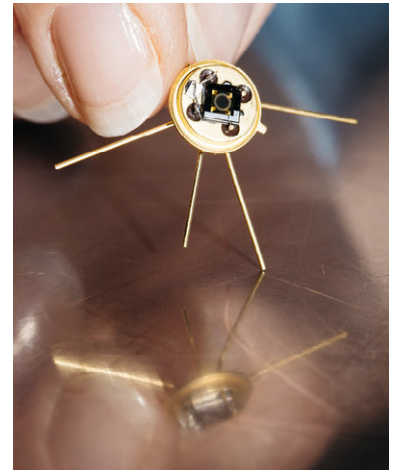


Bild 8: Thermosensor aus dem Leibniz-Institut für Photonische Technologien in Jena. Drei dieser Sensoren kommen im Mars-Rover „Perseverance“ zum Einsatz. Foto: Sven Döring/ Leibniz-IPHT

23 Kameras an Bord

„Sojourner“ hatte 1997 gerade einmal drei Schwarz-Weiß-Kameras an Bord, die die ersten – damals sensationellen – Bilder vom Mars im Rahmen der Pathfinder-Mission lieferten. „Perseverance“ hat gleich 23 hochentwickelte und spezialisierte Kameras für die verschiedensten Funktionen an Bord (Bild 11). So wird eine Spezialkamera Bilder des sich öffnenden Bremsfallschirms bei der Landung liefern, um dessen Verhalten in der Marsatmosphäre beurteilen zu können. Andere Kameras dienen der Orientierung, liefern spektroskopische Farbaufnahmen und Aufnahmen der aufgenommenen Bodenproben oder agieren als Wetterkamera. Die dazu eingesetzten Kameras arbeiten mit bis zu 20-Megapixel-Sensoren – damit werden sie uns, im Zusammenspiel mit weiteren Verarbeitungstechnologien wie KI-Technik zur Kompensation von Unschärfen, Datenkompression usw. extrem hochaufgelöste Farbbilder vom roten Planeten liefern. Erstmals wird dabei auch im Erdorbit stationierte Weltraumtechnik für die Übermittlung der umfangreichen Bilddaten als Relaisstation dienen.



Bild 9: Die Wettersensorik von „Perseverance“, hier mit ausgeklapptem Windmesser. Bild: NASA/JPL

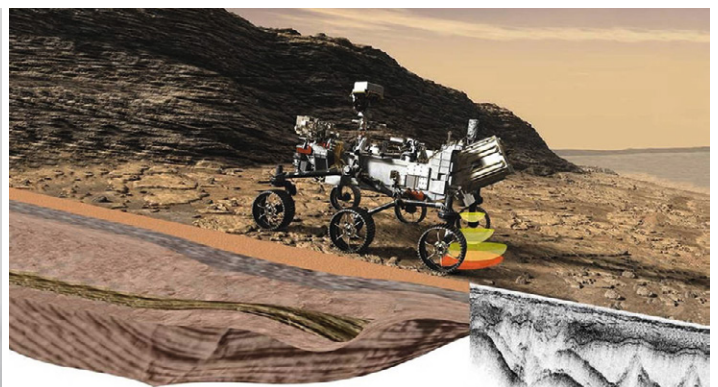
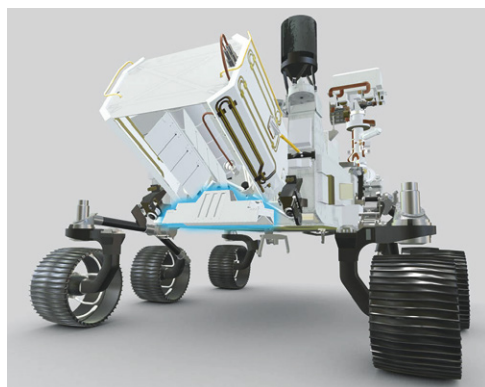


Bild 10: Das RIMFAX-Bodenradar ermöglicht die geologische Erkundung unter der Oberfläche. Bilder: NASA/JPL

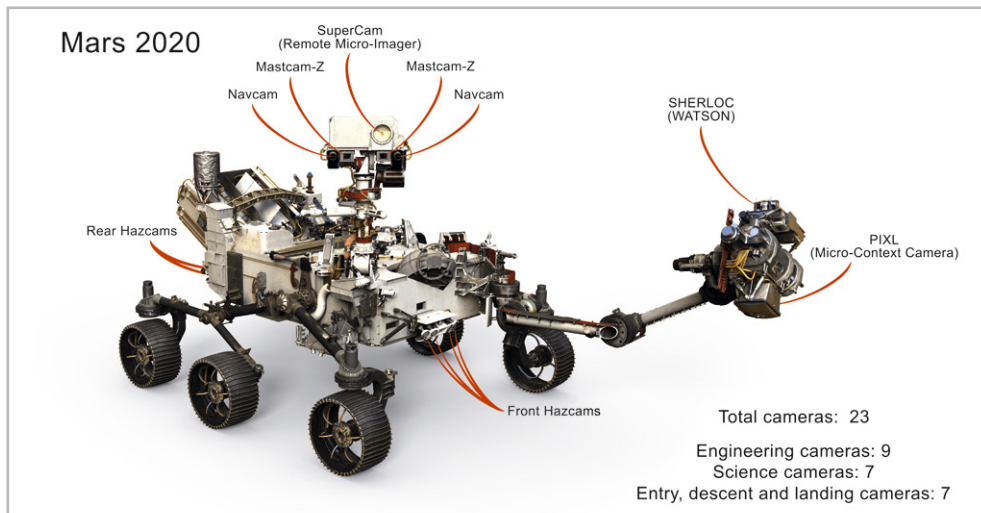


Bild 11: 23 Kameras an Bord erledigen die verschiedensten Aufgaben. Bild: NASA/JPL

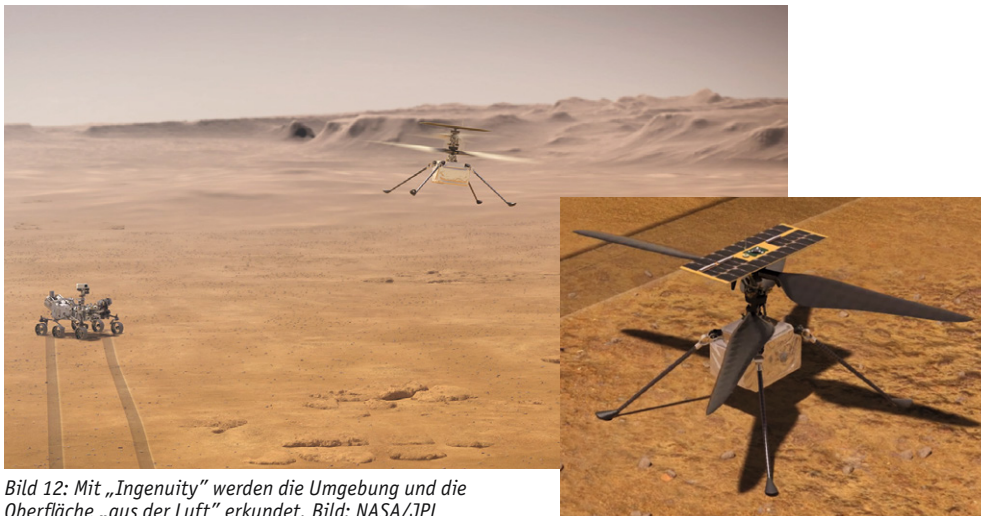


Bild 12: Mit „Ingenuity“ werden die Umgebung und die Oberfläche „aus der Luft“ erkundet. Bild: NASA/JPL



Bild 13: Kompakt, leicht und leistungsstark – die Stellmotoren für die Ingenuity-Rotoren. Bild: MAXON MOTOR AG

1,8 kg irdische Flugtechnik auf dem Mars

Mit im Gepäck hat „Perseverance“ ein ganz irdisches Fluggerät, den kleinen, nur 1,8 kg schweren Hubschrauber „Ingenuity“ (Bild 12). Er ähnelt stark den bekannten Modellhubschraubern mit zwei gegenläufigen Rotoren, die statt des sonst üblichen Heckrotors samt Leitwerk auch die Steuerung und Lagestabilisierung übernehmen. Die zu bewältigende Aufgabe kann man im Vergleich zu irdischer Helikoptertechnik erahnen: Der derzeitige inoffizielle Höhenrekord auf der Erde wurde 2002 mit einem Eurocopter AS 350 mit 12.950 m Steighöhe erreicht. In diesen Höhen gelangt die Wirkungsweise der Drehflügler an ihre Grenzen, denn hier wird der Auftrieb aufgrund der dort geringeren atmosphärischen Dichte rasant geringer, und es bedarf enormer Motorleistungen (und Kraftstoffmengen), um etwa am Mount Everest fliegen zu können. Somit sinkt auch die Nutzlast mit steigender Höhe. Die irdischen Verhältnisse auf die des Mars umzusetzen ist ein Experiment. Bereits am Boden herrscht auf dem Mars eine atmosphärische Dichte wie auf der Erde in über 30 km Höhe. Eine gewisse Annäherung der Verhältnisse schafft da eventuell die um gut zwei Drittel gegenüber der Erde geringere Fallbeschleunigung auf dem Mars.

Die Folge für die Konstruktion des Mars-Helikopters: Alles muss so leicht wie irgend möglich sein. Rotorblätter aus Karbon, leichte, aber leistungsfähige Akkus, leichte Kamera- und Antriebstechnik. Auch hier sind Europäer mit dabei – so stellt, neben anderen Motoren für interne Antriebe der Probenverarbeitungstechnik des Rovers, die schweizerisch-deutsche Firma „maxon motor“ [4] Spezial-DC-Kleinstmotoren (Bild 13) für die Steuerung der Rotorblätter zur Verfügung, die nur 10 mm Durchmesser aufweisen, sehr leicht sind und wenig Strom verbrauchen. Auf der Erde haben sich die Antriebe bereits in einer simulierten Testumgebung

bewährt – seien wir gespannt, ob sie dazu beitragen, dass wir im Frühjahr 2021 die ersten Luftbilder vom Mars, von einem dort gestarteten Luftfahrzeug, geliefert bekommen.

Die NASA hält alle Interessierten dazu ständig im Internet unter [5] und [6] auf dem Laufenden. **ELV**



Weitere Infos:

- [1] VAISALA HUMICAP-/BAROCAP-Sensorik <https://www.vaisala.com/en/blog/2020-06/creating-space-proof-technology>
- [2] Leibniz-IPHT: <https://www.leibniz-ipht.de>
- [3] Struktur der Sensortechnik auf „Perseverance“ <https://mars.nasa.gov/mars2020/spacecraft/rover/>
- [4] maxon Group: <https://www.maxongroup.de>
- [5] Mars 2020-Mission: mars.nasa.gov/mars2020/
- [6] Alles zu Perseverance: mars.nasa.gov/perseverance

Alle Links finden Sie auch online unter: de.elv.com/elvjournal-links