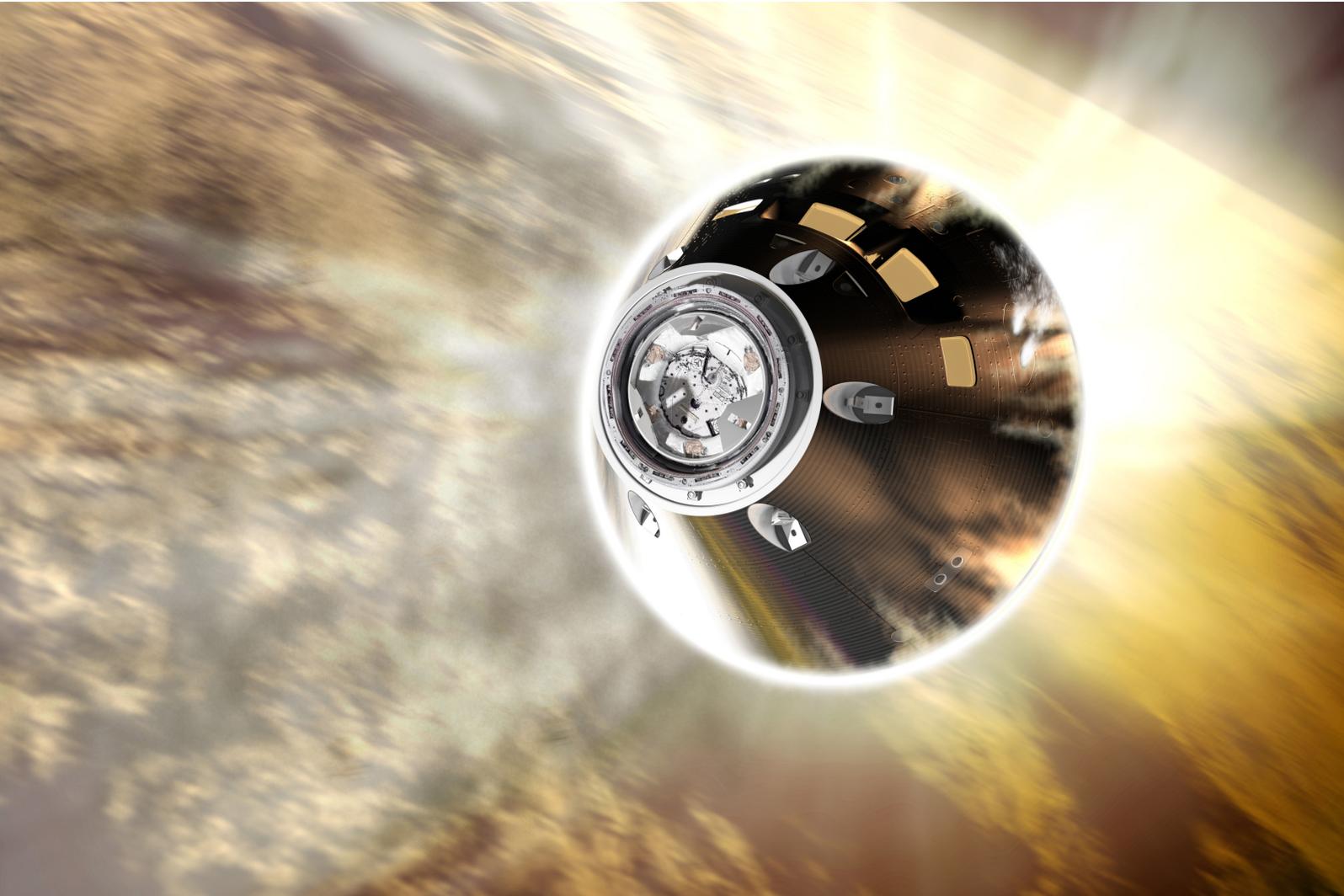


**KISTLER**

measure. analyze. innovate.



## Rückkehr zum Mond

Kistler unterstützt Airbus Defence and Space bei der Entwicklung des Servicemoduls für das Raumfahrzeug Orion

**AIRBUS**



Das von der ESA und Airbus gebaute ESM kommt im Kennedy Space Center an. (Quelle: NASA)

**Fünzig Jahre nach der Landung von Apollo 11 auf dem Mond schlägt die bemannte Raumfahrt mit dem Raumfahrzeug Orion ein neues Kapitel auf. Die Entwicklung wird von der NASA mit Unterstützung der Europäischen Weltraumorganisation ESA vorangetrieben. Airbus D&S entwickelt im Auftrag der ESA das Service-Modul ESM des Orion-Programms. Da hier Antrieb und lebenswichtige Technik räumlich eng beieinander liegen, sind intensive Tests unerlässlich. Die Messtechnikexperten von Kistler unterstützen Airbus mit piezoelektrischen Drucksensoren, die entscheidende Informationen über potenziell gefährliche Druckstöße in der Treibstoffzuleitung liefern.**

Schon im Jahr 2023 soll das Raumfahrzeug Orion (Multi-Purpose Crew Vehicle, MPCV) nach ausgiebigen Tests wieder Menschen zum Mond befördern. Spätere bemannte Flüge mit dem MPCV könnten beispielsweise erstmals zum Mars führen. Die ESA steuert das Service-Modul ESM bei, das nach dem Zusammenbau von Orion bei der NASA direkt unter der Crew-Kapsel sitzen wird. In ihm befinden sich der Antrieb, aber auch die Energieerzeugung und -steuerung, die Klimaanlage sowie lebenswichtige Versorgungstechnik für Wasser, Sauerstoff und Stickstoff. Dies ist das erste Mal, dass die NASA bei einem missionskritischen Teil auf Technik aus dem Ausland vertraut. Entscheidend war der Erfolg des Versorgungsfahrzeugs ATV (Automated Transfer Vehicle) der ESA, das selbstständig an die ISS andocken kann. Die Mitarbeit der ESA bedeutet auch, dass europäische Astronauten die Chance bekommen werden, beim einem der nächsten Mondflüge dabei zu sein. Airbus Defence and Space, die von der ESA den Auftrag zur Entwicklung und zum Bau des Service-Moduls ESM erhalten haben, konnte im November 2018 bereits das erste ESM in die USA liefern. Zuvor wurden Funktionsweise und Stabilität des Service-Moduls in Bremen intensiv getestet.

#### **Druckstöße im Treibstoffsystem genau überwachen**

Als Hauptantrieb kommt ein Space-Shuttle-Triebwerk zum Einsatz, kombiniert mit acht mittelgroßen Aerojet Rocketdyne Triebwerken und 24 kleinen Triebwerken, die von Airbus selbst entwickelt wurden. Für die Versuche verwendet Airbus ein Antriebsqualifikationsmodell (Propulsion Qualification Model, PQM), das mit nur zwölf statt 24 kleinen Triebwerken auskommt.

---

„Speziell in der bemannten Raumfahrt muss man sich nach Vorabversuchen zu hundert Prozent sicher sein, dass auch im Realflug alles nach Plan läuft. Da ist es wichtig, einen Partner zur Seite zu haben, der auf dem Gebiet der Sensorik und der Messdatenverarbeitung ein absoluter Experte ist.“

Florian Hasenknopf, PQM Test Engineer bei Airbus D&S

---

Im Fall des Service-Moduls ESM muss das Antriebssystem besonders gründlich getestet werden, da sich die überlebenswichtige Technik im ESM in unmittelbarer Nähe befindet: Eine Fehlfunktion im All wäre fatal. Das Testmodul PQM selbst ist nicht für Weltraumflüge vorgesehen, vielmehr handelt es sich um ein reines Versuchsmodell, das in verschiedenen Umgebungen genauen Aufschluss über die Funktionalität der komplexen Technik liefern soll.

Insbesondere die Druckstöße an den Treibstoffventilen stellen eine Gefahrenquelle dar und sind deshalb vorab genauestens zu untersuchen. Die Ursache der Druckstöße ist der sogenannte Wasserhammerereffekt, auch bekannt unter dem Namen Joukowski-Stoß. Es handelt sich dabei um extrem schnell auftretende

Druckstöße von zirka einer Millisekunde im flüssigen Treibstoff, die bei jeder Öffnung oder Schließung eines Ventils entstehen. Je schneller sich die Ventile öffnen oder schließen, desto stärker ist der Druckstoß. Diese Druckveränderungen dürfen einen bestimmten Grenzwert nicht überschreiten, denn zu starke Druckstöße können die Leitungen oder relevante Komponenten beschädigen. Im schlimmsten Fall kann es zu einer Explosion kommen, da sich bei einer schnellen Komprimierung der Raketentreibstoff Hydrazin entzünden kann.

Um dies zu verhindern und das Ventilsystem exakt einstellen zu können, verwendet Airbus in seinen Versuchen piezoelektrische Drucksensoren von Kistler. Insgesamt sind 40 Sensoren des Typs 601C BA 00070.0 im Antriebsqualifikationsmodell verbaut. Dieser besonders widerstandsfähige Sensor liefert im Temperaturbereich zwischen  $-196^{\circ}\text{C}$  und  $350^{\circ}\text{C}$  zuverlässige und genaueste Informationen. Dabei deckt er einen Messbereich von 0 bis 70 bar ab. Dank IEPE-Technologie (Integrated Electronics Piezo Electric) kommt dieses Modell ohne einen zusätzlichen Ladungsverstärker aus. Für den Messaufbau bedeutet das, dass die Übertragung der Daten als Voltsignal gemeinsam mit dem Versorgungsstrom über ein reguläres Koaxialkabel erfolgt. Der Sensor ist durch seine geringe Größe – der Durchmesser beträgt lediglich 5,5 Millimeter – besonders für den Einsatz im Raketenantrieb geeignet: Die Sensoren befinden sich innerhalb der Antriebstechnik vor und hinter den Ventilen, um die schnelle Veränderung des Drucks zu überwachen. Mit den Messungen validieren die Ingenieure ihre Berechnungen und stellen sicher, dass die Grenzwerte in keinem Fall überschritten werden. Bei Bedarf können sie Anpassungen vornehmen.



Piezoelektrischer Drucksensor Typ 601C

### Dank zuverlässiger Ergebnisse zum Mond fliegen

Airbus lieferte das PQM mitsamt der Sensorik in die USA, um auf dem NASA-Testgelände in White Sands, NM weitere Tests durchzuführen. Währenddessen arbeiten die Ingenieure und Techniker in Bremen bereits an einem zweiten ESM, denn das Service-Modul selbst ist im All nur ein einziges Mal verwendbar. Für weitere Tests der kleinen Triebwerke hat Airbus bereits zehn zusätzliche Drucksensoren bestellt. Auch in Zukunft will das Unternehmen auf die Sensorik und das Know-how von Kistler setzen. „Speziell in der bemannten Raumfahrt muss man sich nach Vorabversuchen zu hundert Prozent sicher sein, dass auch im Realflug alles nach Plan läuft. Da ist es wichtig, einen Partner zur Seite zu haben, der auf dem Gebiet der Sensorik und der Messdatenverarbeitung ein absoluter Experte ist,“ betont Florian Hasenknopf, PQM Test Engineer bei Airbus. Auch bei Kistler blickt man der weiteren Zusammenarbeit positiv entgegen. „Wir sind sehr stolz darauf, mit unseren Sensoren einen wichtigen Beitrag zur Sicherheit der bemannten Raumfahrt leisten zu dürfen,“ betont Ricardo Rodrigo, Product Manager Pressure Sensors bei Kistler.



Die NASA baut weitere Komponenten, wie etwa das Haupttriebwerk, in das Testmodul PQM ein und führt Acceptance- und Heißuertests durch, bei denen Sensoren von Kistler essentielle Informationen liefern.

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.

Take the lead – right from the start

**Biomechanics**  
Force measurement solutions for motion analysis, sport performance diagnosis, rehabilitation and ergonomics

Safe braking thanks to efficient maintenance

**Brake force measurement in the rail transport sector**  
Sensors and accessories for periodic brake force testing

Flexible to create and easy to integrate

**Weigh In Motion**  
Measuring equipment for axle loads, axle load distribution, axle load and full vehicle applications

Now OML-ready as well

Measuring equipment for demanding T&M applications

**Test & Measurement**  
Sensors and signal conditioning

Develop and operate gas turbines more efficiently

**Gas turbine monitoring**  
Measuring combustion dynamics improves turbo-machinery performance

Analyzing and commanding sophisticated machining processes

**Cutting force measurement**  
Force measuring systems for machining

Weitere Informationen finden Sie unter:  
[www.kistler.com/de/anwendungen](http://www.kistler.com/de/anwendungen)

**Kistler Group**  
Eulachstrasse 22  
8408 Winterthur  
Switzerland  
Tel. +41 52 224 11 11

Die Produkte der Kistler Gruppe sind durch verschiedene gewerbliche Schutzrechte geschützt. Mehr dazu unter [www.kistler.com](http://www.kistler.com)  
Die Kistler Gruppe umfasst die Kistler Holding AG und alle ihre Tochtergesellschaften in Europa, Asien, Amerika und Australien.

Finden Sie Ihren Kontakt auf  
[www.kistler.com](http://www.kistler.com)

**KISTLER**  
measure. analyze. innovate.