

---

# Das Miller-Urey Experiment an Bord der Internationalen Raumstation ISS

O.Koudelka  
TU Graz, Joanneum Research

# Inhalt

---

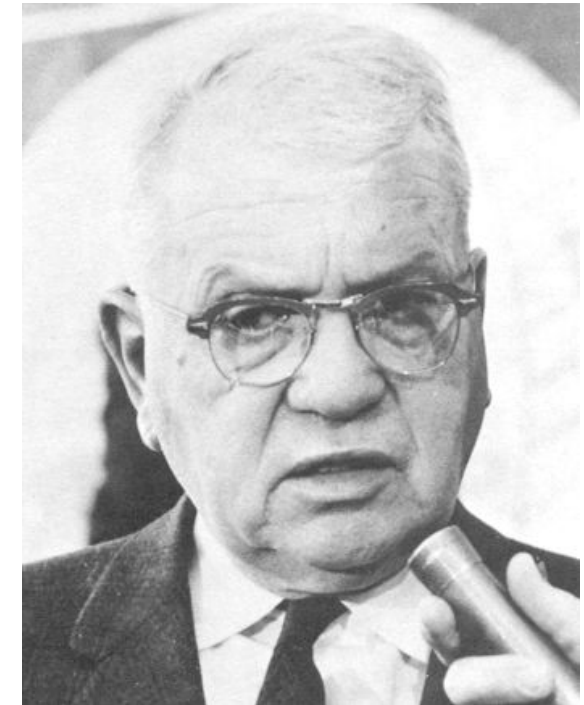
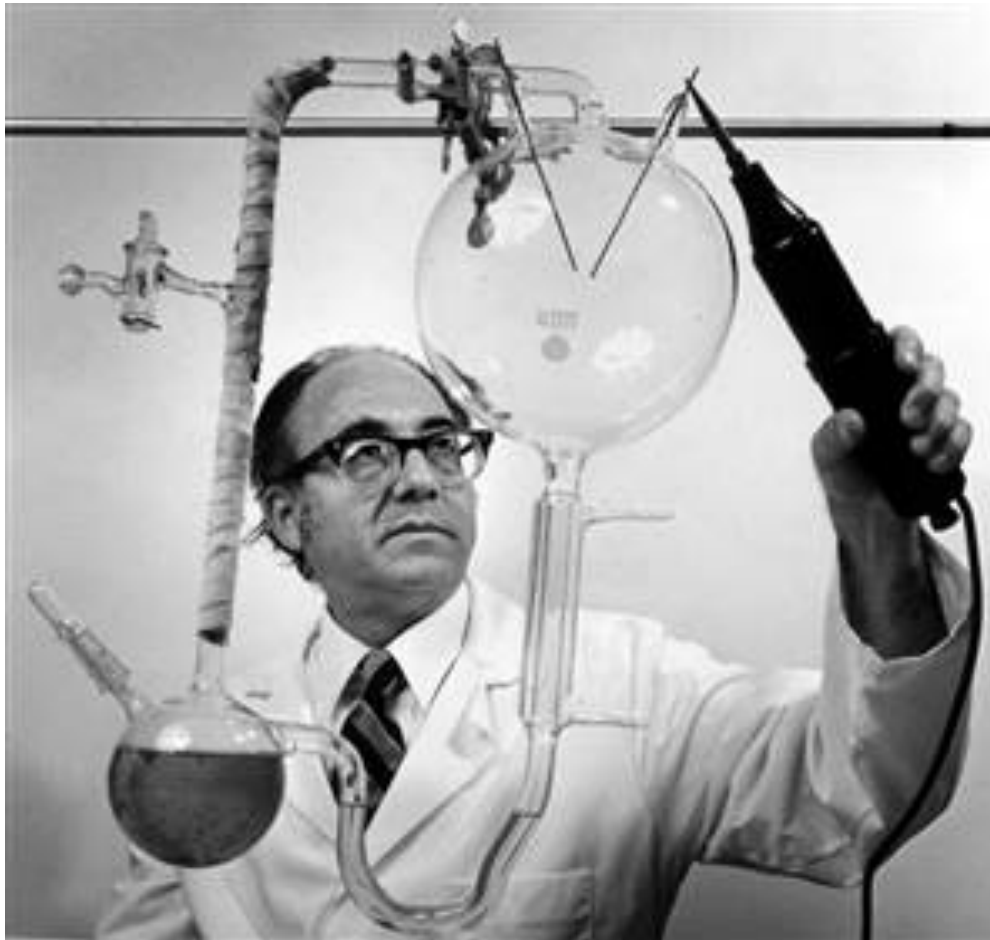
- Klassisches Miller-Urey-Experiment
- Weltraumversion von MUE
- Experimentaufbau
- Subsysteme
- Tests
- Experimentdurchführung
- Zusammenfassung

# Miller – Urey Experiment

- 1953 gelang Prof. Stanley Miller und Prof. Harold.C.Urey der Nachweis, dass Aminosäuren, Bausteine des Lebens, aus einfachen Gasen entstehen können, die man damals in der Uratmosphäre der Erde vermutete
- Angenommene „Uratmosphäre“ : Methan, Ammoniak, Wasserstoff, Wasserdampf
- Energiezufuhr erfolgte über Blitzentladung

# Stanley Miller - Harold Urey

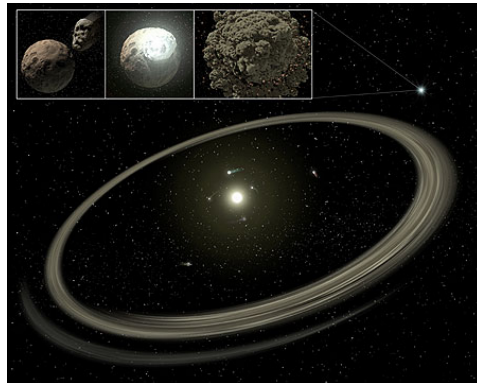
www.joanneum.at





# Astrophysik

- zeigt, dass Moleküle wie Wasser außerhalb der Erde existieren
- Können Bausteine organischer Substanzen im Weltraum gebildet werden?
- Mögliche Umgebung im Weltraum: so genannte „Staubscheibe“



# Nachweis

---

- Astronomische Beobachtungen
- Analyse von Meteoriten
- STARDUST Mission

# Staubscheibe

---

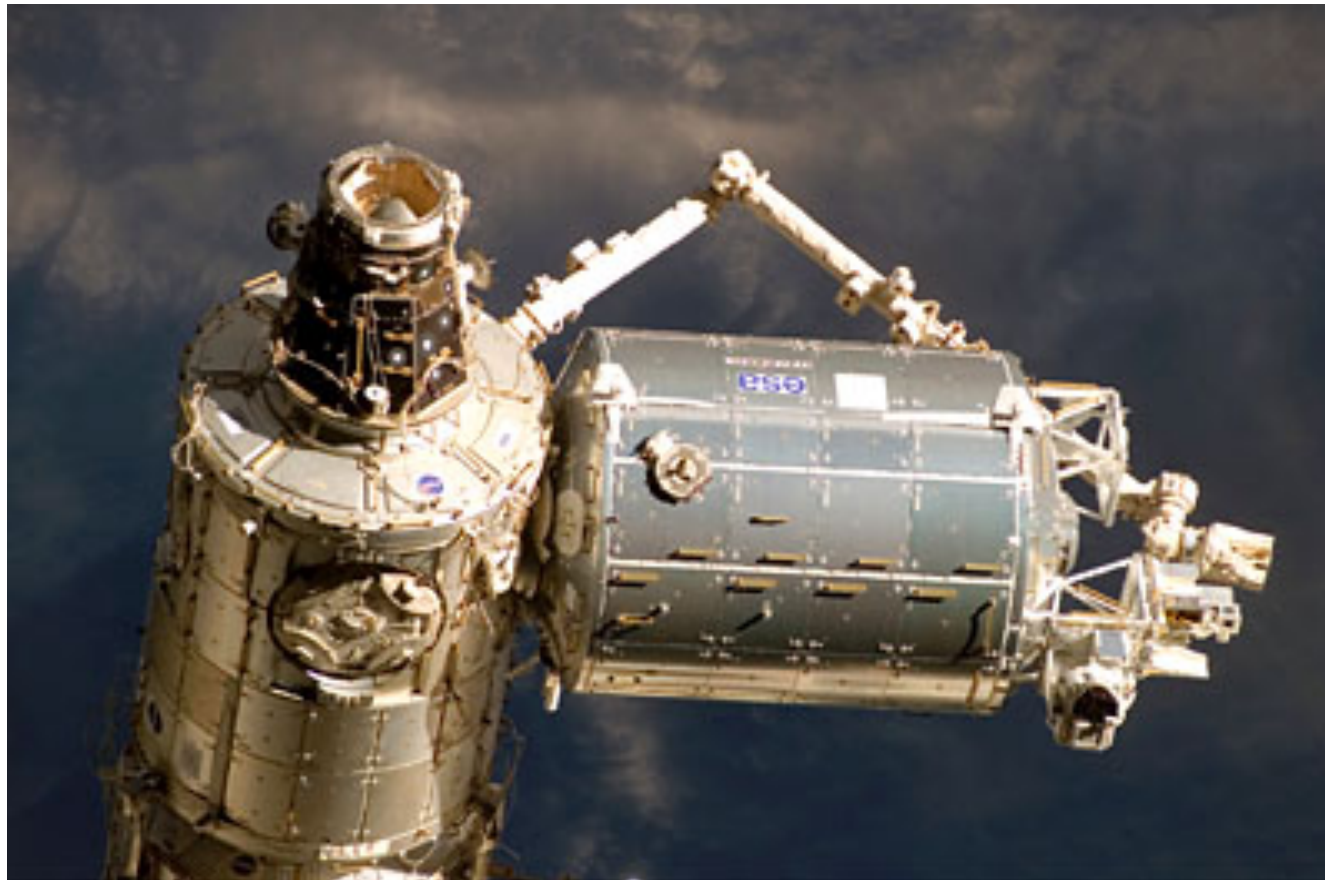
- Gase entsprechen der ursprünglichen Annahme von Miller
- Kältere, äußere Schichten: Staub, mit Eis überzogen
- Energiezufuhr: Strahlung, Entladung
- Bildung von komplexen Molekülen möglich

# Experiment unter Weltraumbedingungen

- Europäische Weltraumorganisation ESA plant, ein Miller-Urey Experiment auf der internationalen Raumstation ISS durchzuführen



# Experimentdurchführung



COLUMBUS Modul der ESA

# MILLER-UREY Experiment im Weltraum

- ESA Auftrag im ELIPS Programm: ca. 3 Mio €
- Kooperation mit Uni Leiden, Weltraumforschungsinstitut Bern, TU Braunschweig
- Phase A/B 2003 – 2007
- Phase C/D begann am 13.12.2007
- Joanneum Research Hauptauftragnehmer
  - TU Graz (Subauftragnehmer)
  - Qinetiq Space (Subauftragnehmer), Belgien



# Wissenschaftliche Ziele

---

- Simulation der Verhältnisse in der Staubscheibe, Untersuchung der Bewegung von Partikeln bei Schwerelosigkeit bei niedrigen Temperaturen
- Bildung von Eismänteln auf Silikatpartikeln (simuliert kosmischen Staub)
- Synthese von organischen Verbindungen unter Bedingungen der Staubscheibe

# Experimentaufbau

- 2 Gascontainer mit unterschiedlichen Gasmischungen
  - 1: Wasserstoff (20%) Methan (40%) , Ammoniak (20%)
  - 2: Wasserstoff (60%), Kohlenmonoxid (20 %), Stickstoff (20 %)
- Silikatpartikel (3 g) simulieren kosmischen Staub
- Eis auf Silikatartikeln (300  $\mu\text{m}$ )
- Hochspannungsentladungsstrecke (Energiezufuhr)
- Partikel driften in Schwerelosigkeit durch Entladungsstrecke



# Experimentablauf

---

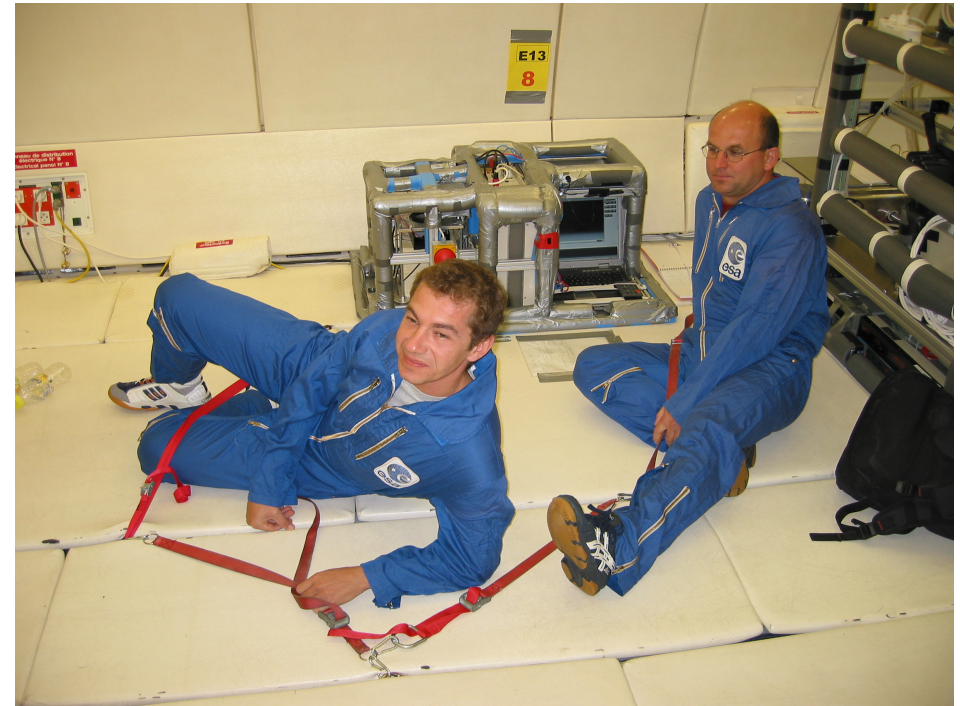
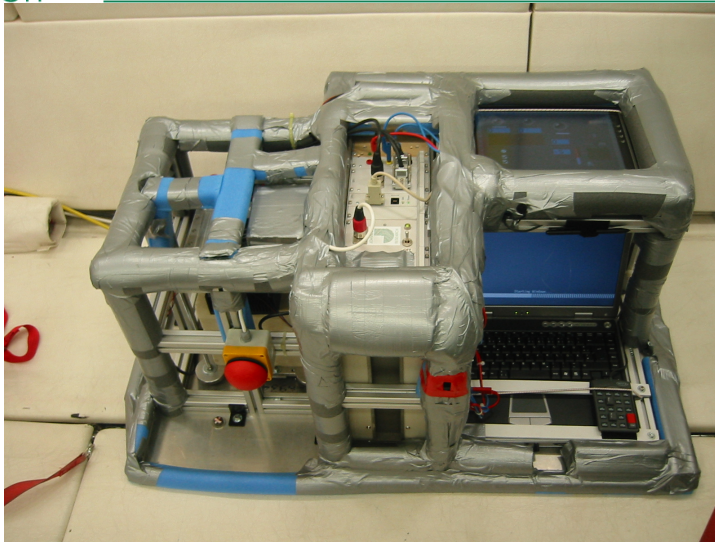
- Chemische Reaktion
- Ausbau der Gascontainer
- Gekühlte Lagerung im MELFI auf der ISS
- Analyse auf der Erde
- Nach Rücktransport von der ISS

# Erste Variante

---

- Kühlung (auf  $-5^{\circ}\text{C}$  oder darunter) mit Peltierelementen
- Mechanische Vibration: verhindert, dass Partikel an Wänden der Container anfrieren
- Hohe Amplituden, niedrige Frequenz

# Parabelflugkampagne



2004

# Ergebnisse und Verbesserungen

- Hohe Frequenzen
- Niedrige Amplituden
- Piezo-“Schüttler“ statt Exzenter und Motor

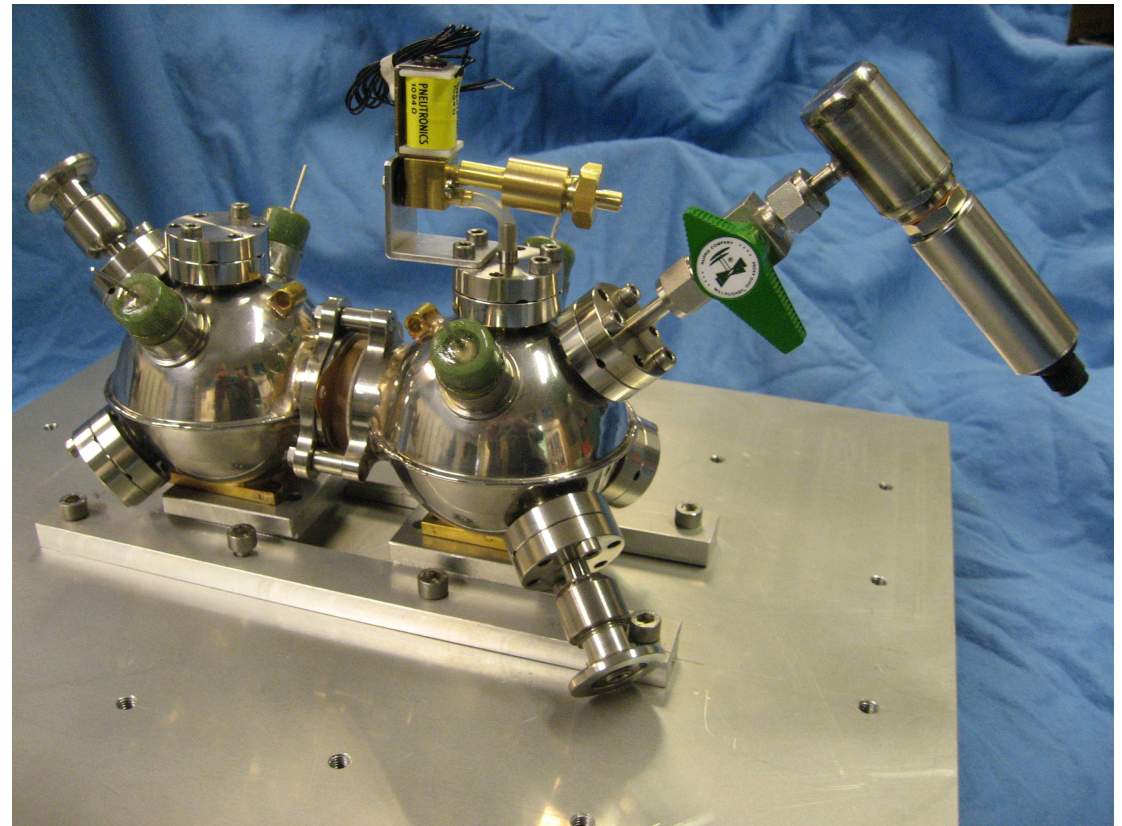




# Prototyp 2

Verbesserte Version:  
Externes Wasserreservoir  
Externer Partikelcontainer

6 Gaskontainer  
2 Mischungen:  
a)  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$   
b)  $\text{CO}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$



# Fallturmtests

- Bei ZARM in Bremen
- Mikrogravitationsumgebung (4.5 s)



2006, 2008

# Verbesserte Container

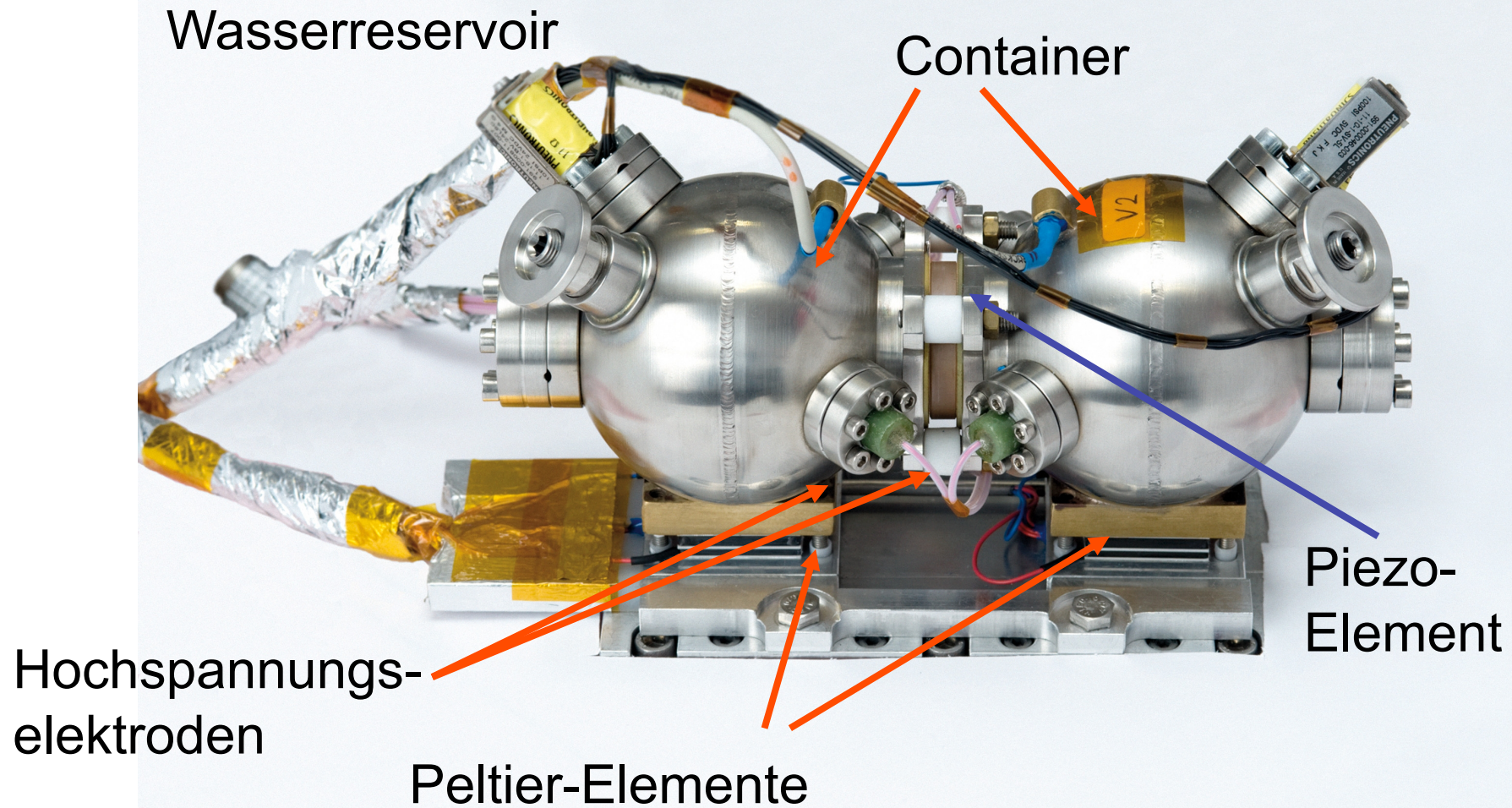
- Höhere Oberflächenrauigkeit
- Konus, um Kraftkomponente normal zur Piezoschwingungsrichtung zu erzeugen
- Verhinderung von Klumpenbildung



2 Halbkugeln geschweißt



# Engineering Model

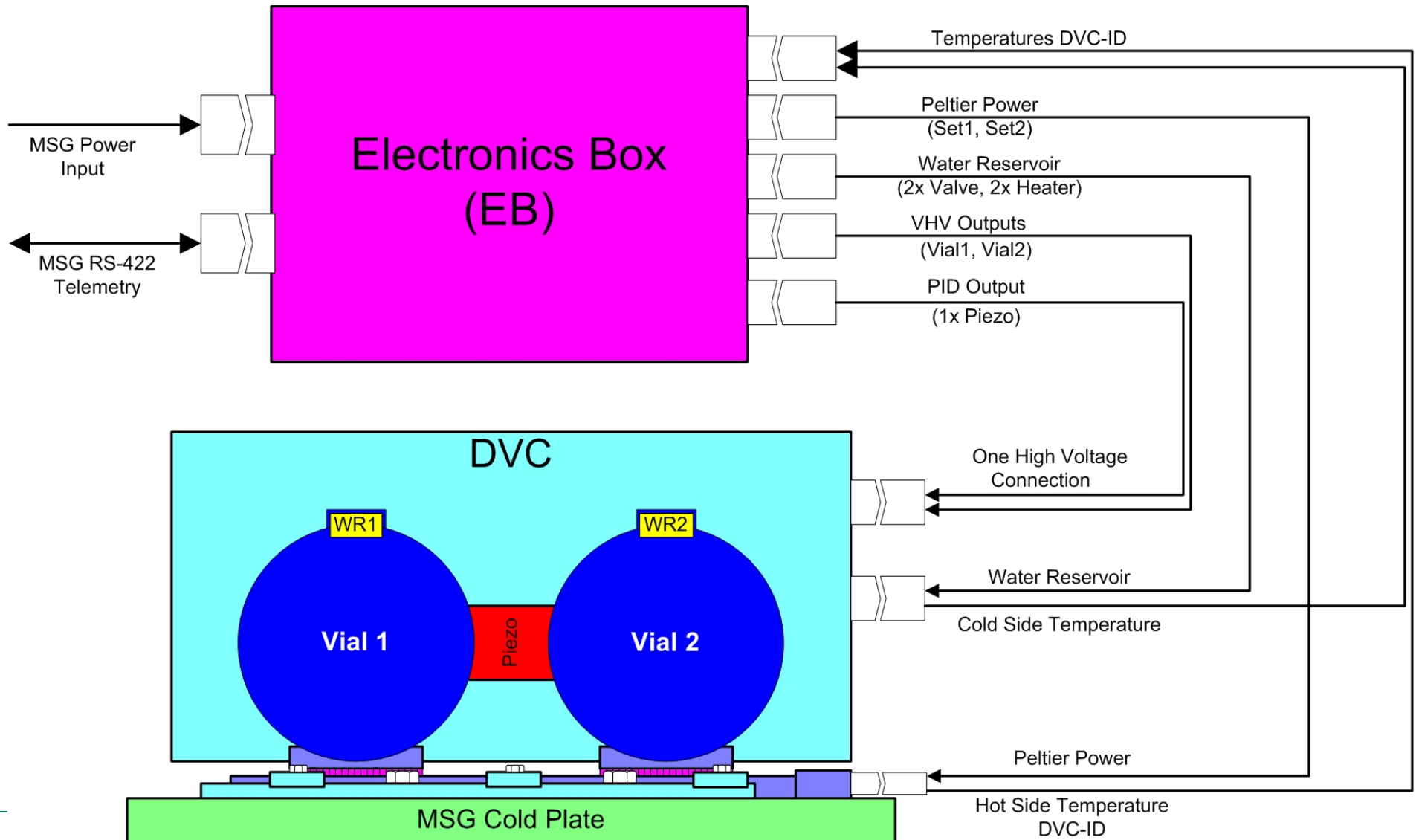




# Subsysteme

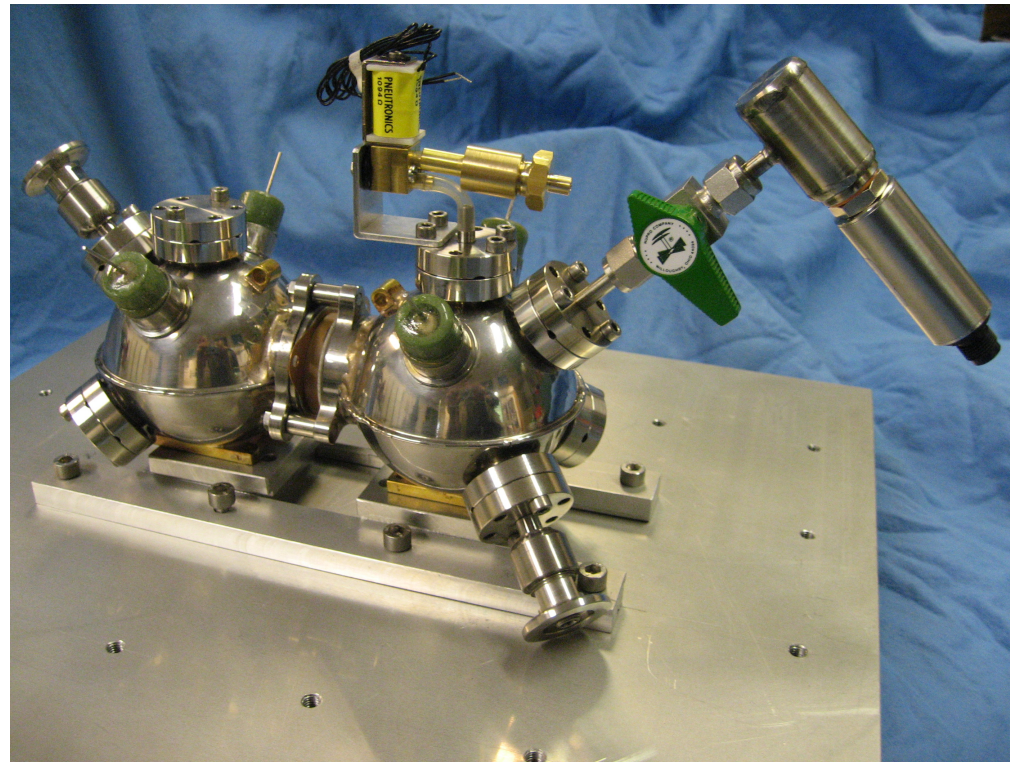
- Dual-vial construction (DVC): Gascontainer
  - 3 Sätze
  - Ausgetauscht vom Astronauten
  - Betriebszeiten: 192, 96, 48 Stunden
  - Untersuchung der kinetischen Effekte auf die chemischen Reaktion
- Elektronik Box
- Transportcontainer (VTC)

# Subsysteme



# Dual Vial Construction

- 2 Container: mechanische Balance für Piezo-Element



# Piezo Schüttler

---

- Frequenz: 29.6 kHz
- Amplitude: 2  $\mu\text{m}$
- Ein/aus-Zeit variabel
- Leistung: 70 W

# Peltier Kühlung

- Kalte Seite: Unterseite des Gascontainers
- Heiße Seite: MSG Cold Plate
- Nominelle Temperatur:  $< -5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- Kühlung auf  $-12^{\circ}\text{C}$  vor Abbau der DVC-Einheit
- Leistung: 47.5 W

# Wasser-Reservoir

- 70 mm<sup>3</sup> Volumen, gefüllt mit 50 µl hochreinem Wasser
- Elektrisches Ventil, anfangs geschlossen
- Kühlung des DVC auf -5°C
- Wasserreservoir mit PT100 auf +20°C aufgeheizt
- Ventil geöffnet
- Druck steigt von 10 mbar auf 14 mbar (4 mbar Dampfdruck @ -5°C)
- Restliches Wasser gefriert auf Partikeln

# Hochspannung

---

- 2 Elektroden im Gascontainer
- Abstand: 5 mm
- Spannung: 1300 V
- Strom: 100  $\mu\text{A}$

Entladungszone, durch die Partikel driften

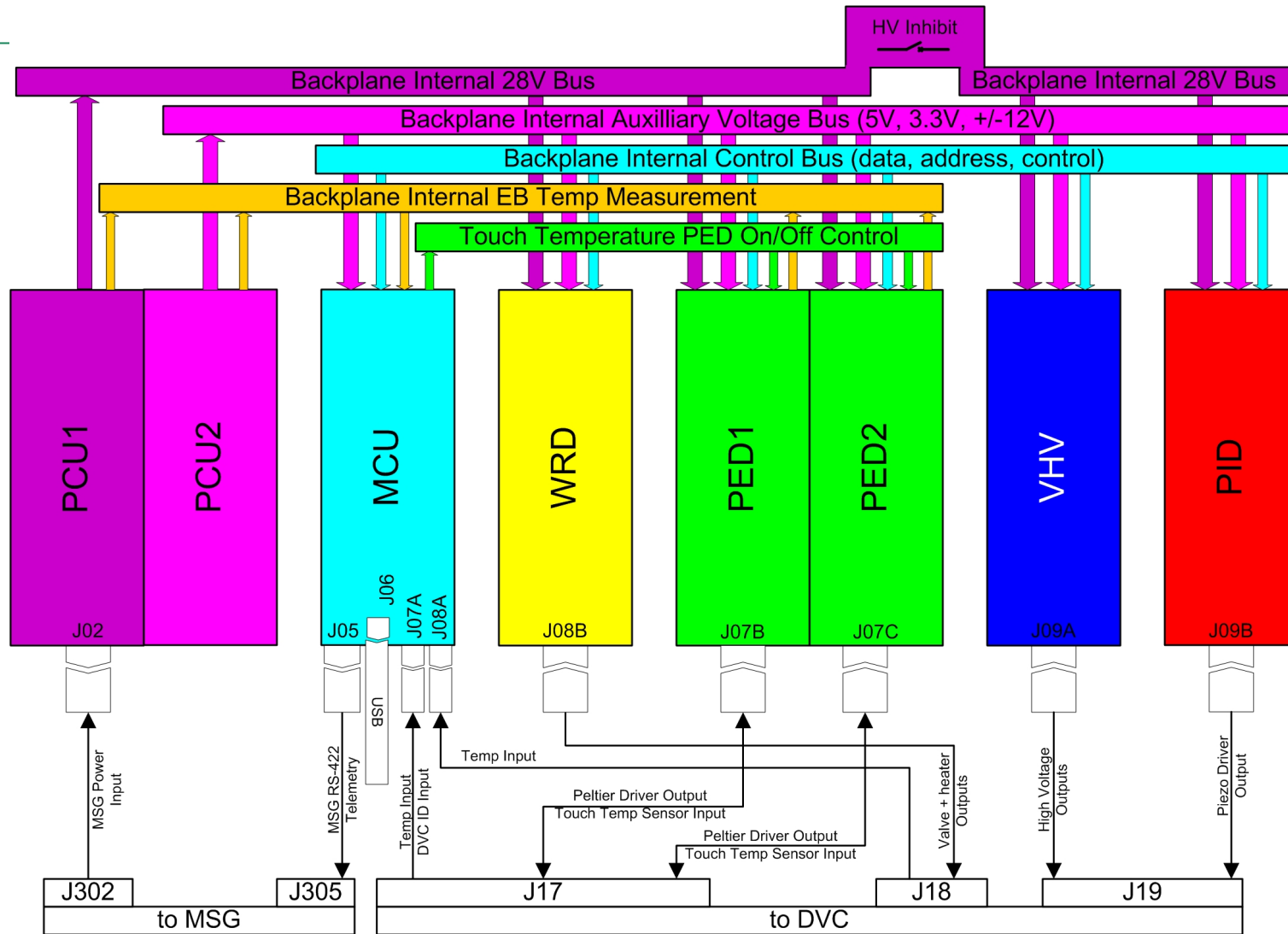
# Elektronik Box

- 2 Spannungswandler (120 V von der MSG Box)
- Microcontroller mit RS-422 Interface zum MSG (Telemetrie)
- 2 Peltier Treiber
- 1 Piezo Treiber
- 1 Wasserresservoir
- Hochspannungseinheit
- Backplane





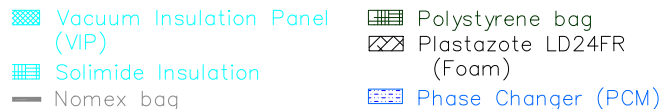
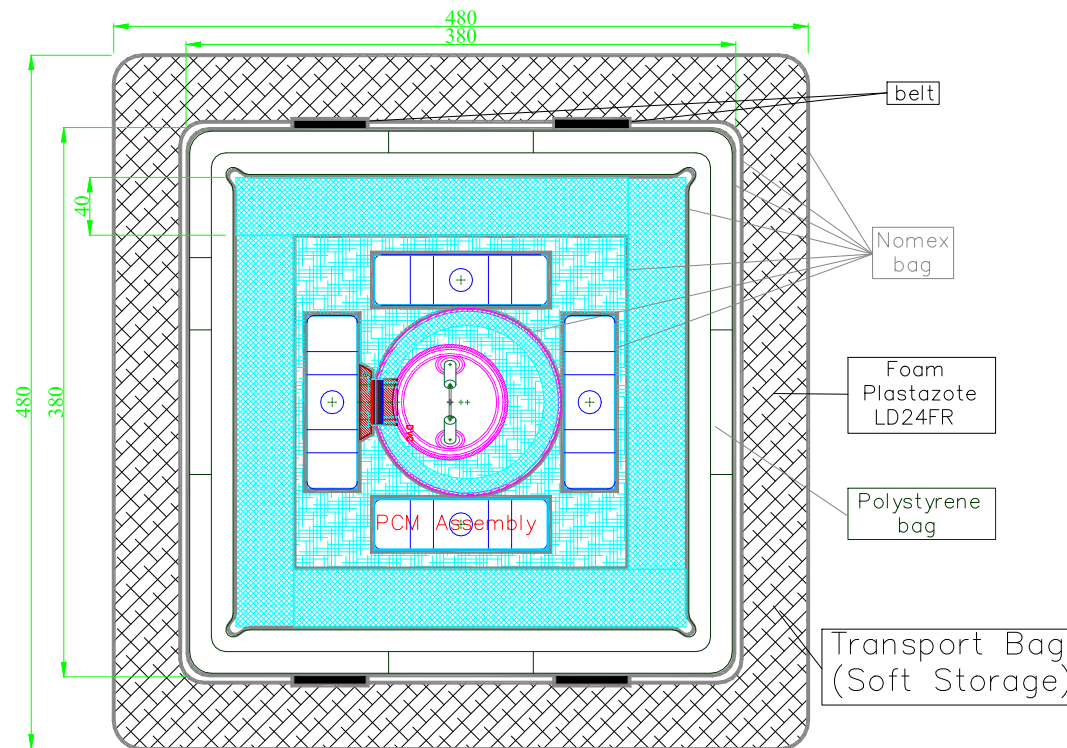
www.joanneum.at



# Vial Transport Container

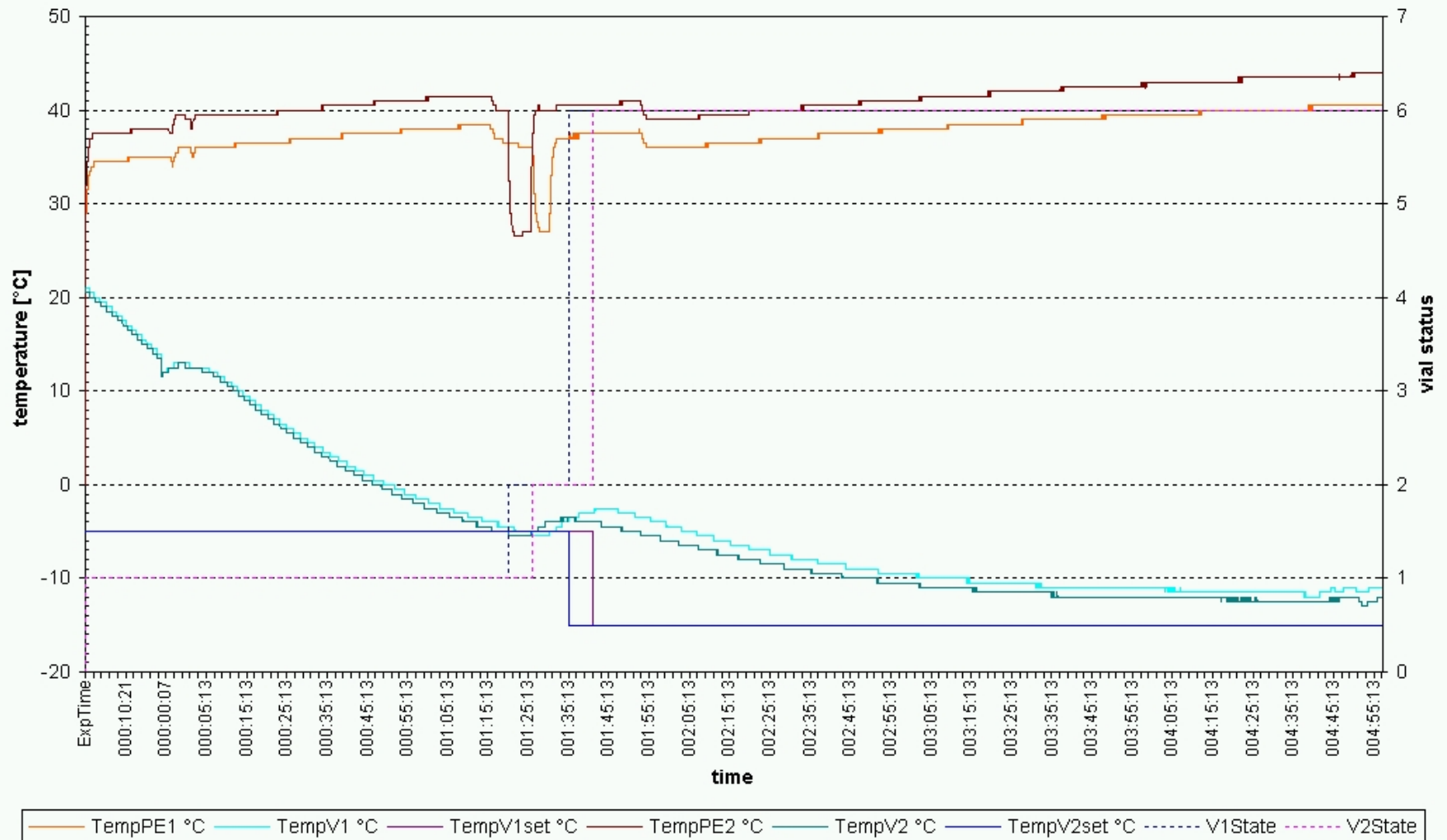
- Passive Kühlung während des Rücktransports
- Phase Change Material (gekühlt im MELFI)

www.joanneum.at

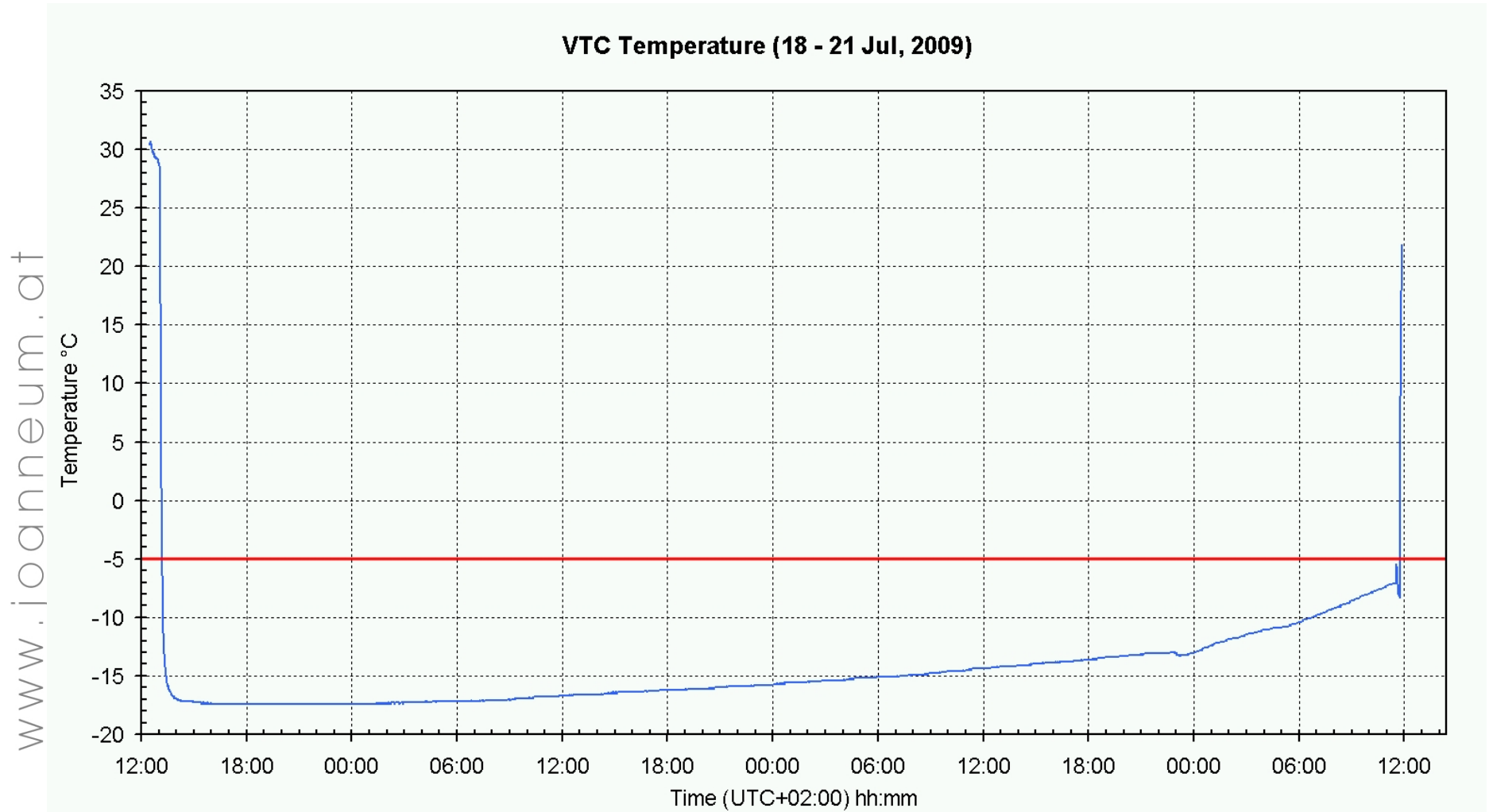


# Aktive Kühlung

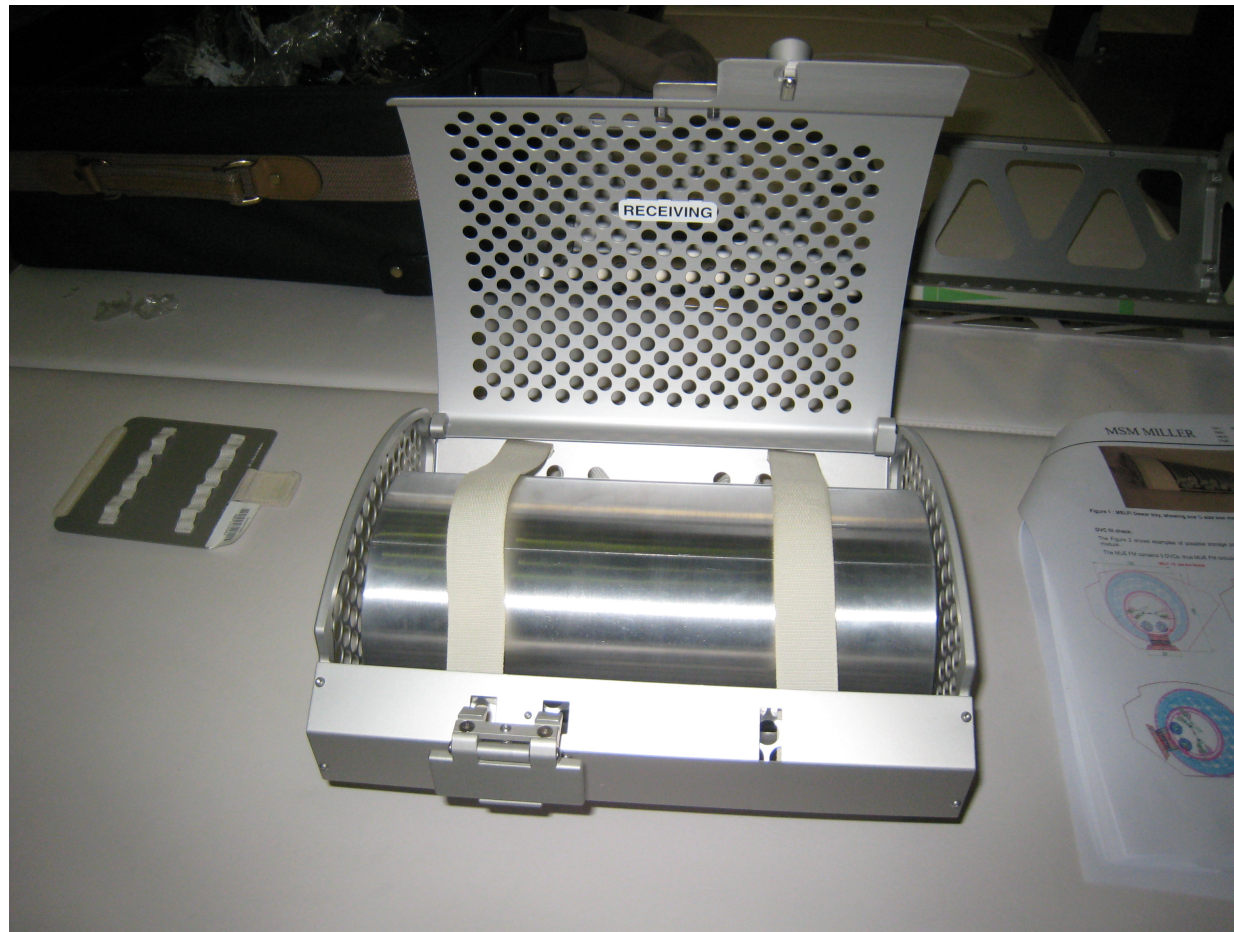
Temperature Test (SW V1.03, Solimide, CP 28°C at beginning - 37°C at the end)



# Passive Kühlung



# DVC im MELFI



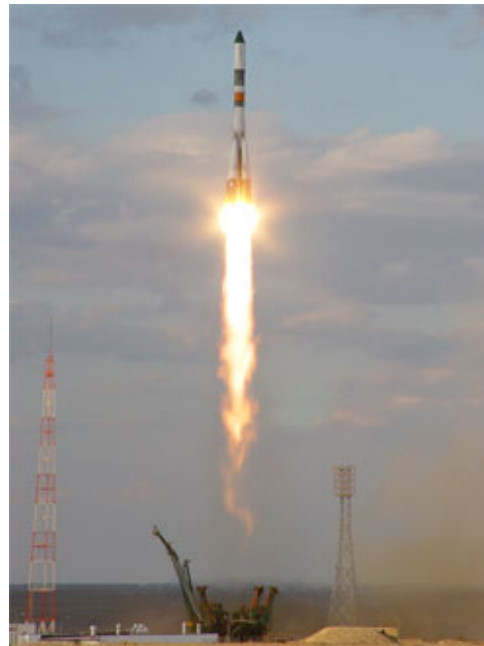
www.joanneum.at



# Transport zur ISS

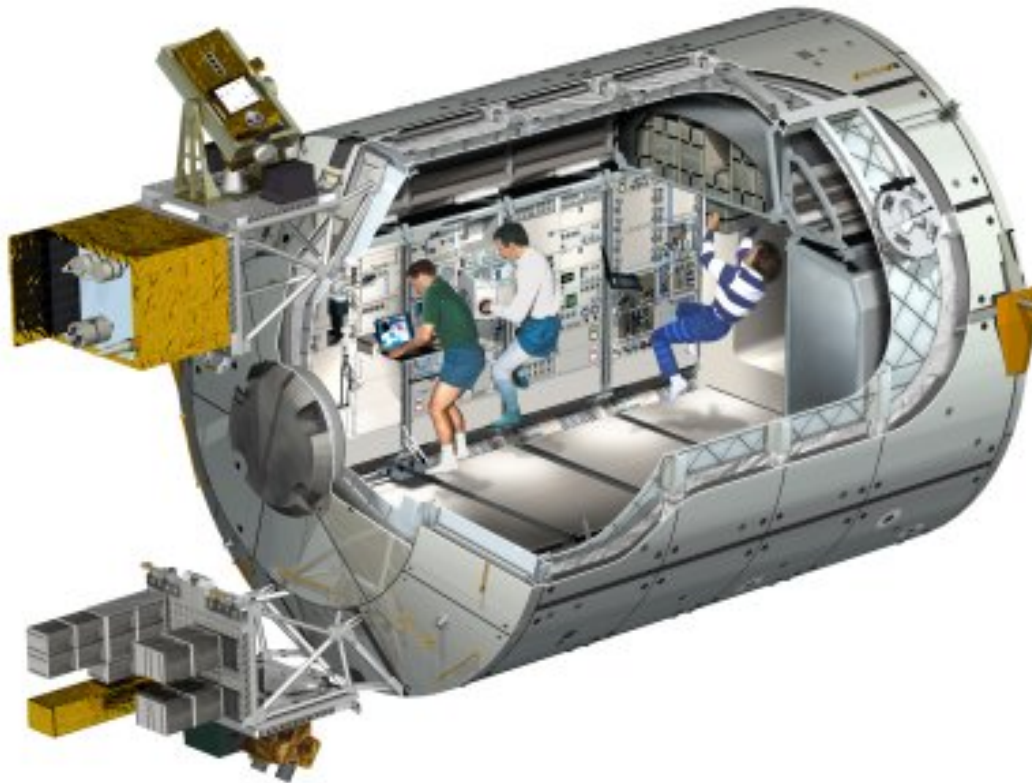


PROGRESS  
(Russland)



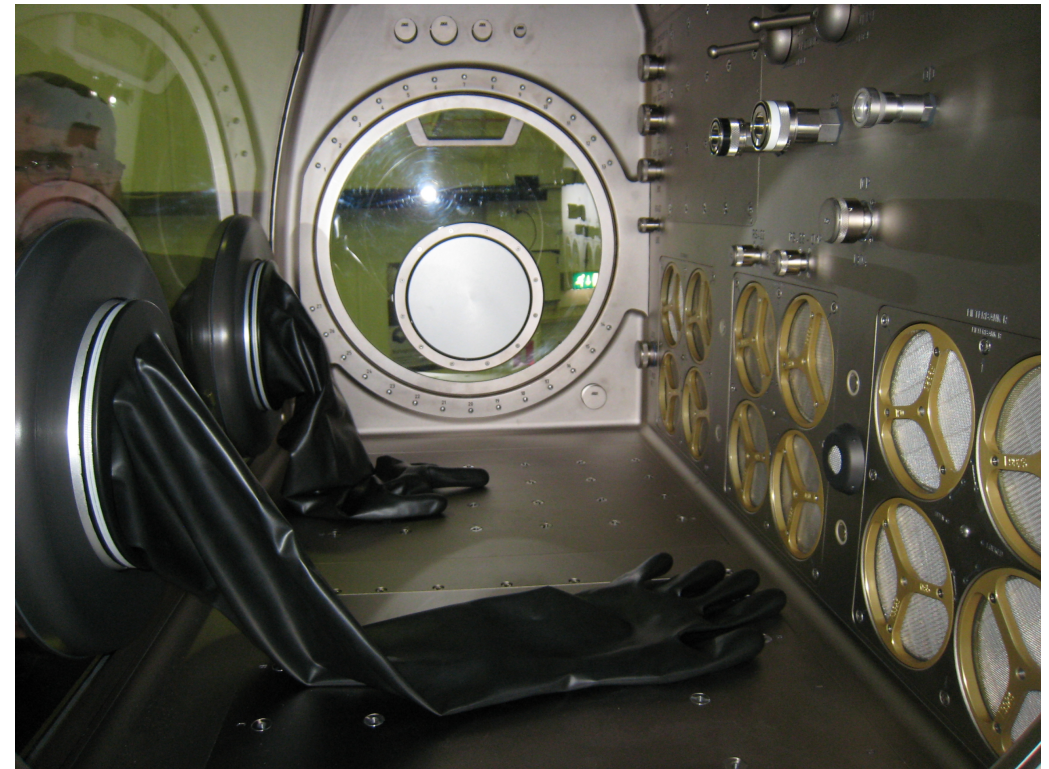
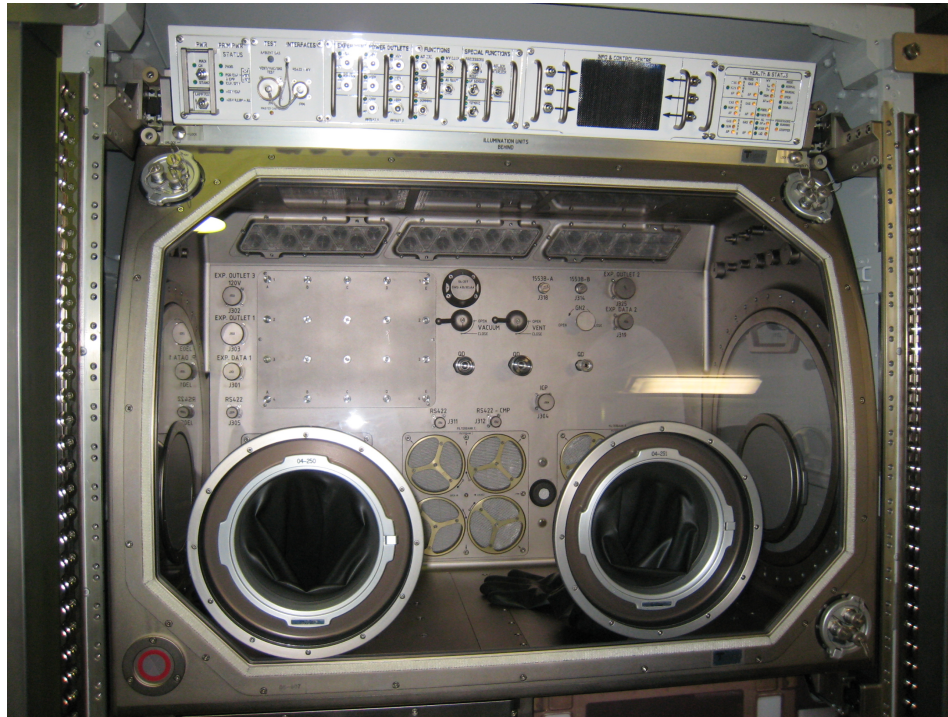
ATV (ESA)

# Experiment an Bord von TU Graz COLUMBUS





# MSG Glove Box



200 Stunden Betriebszeit  
Automatischer Experimentablauf



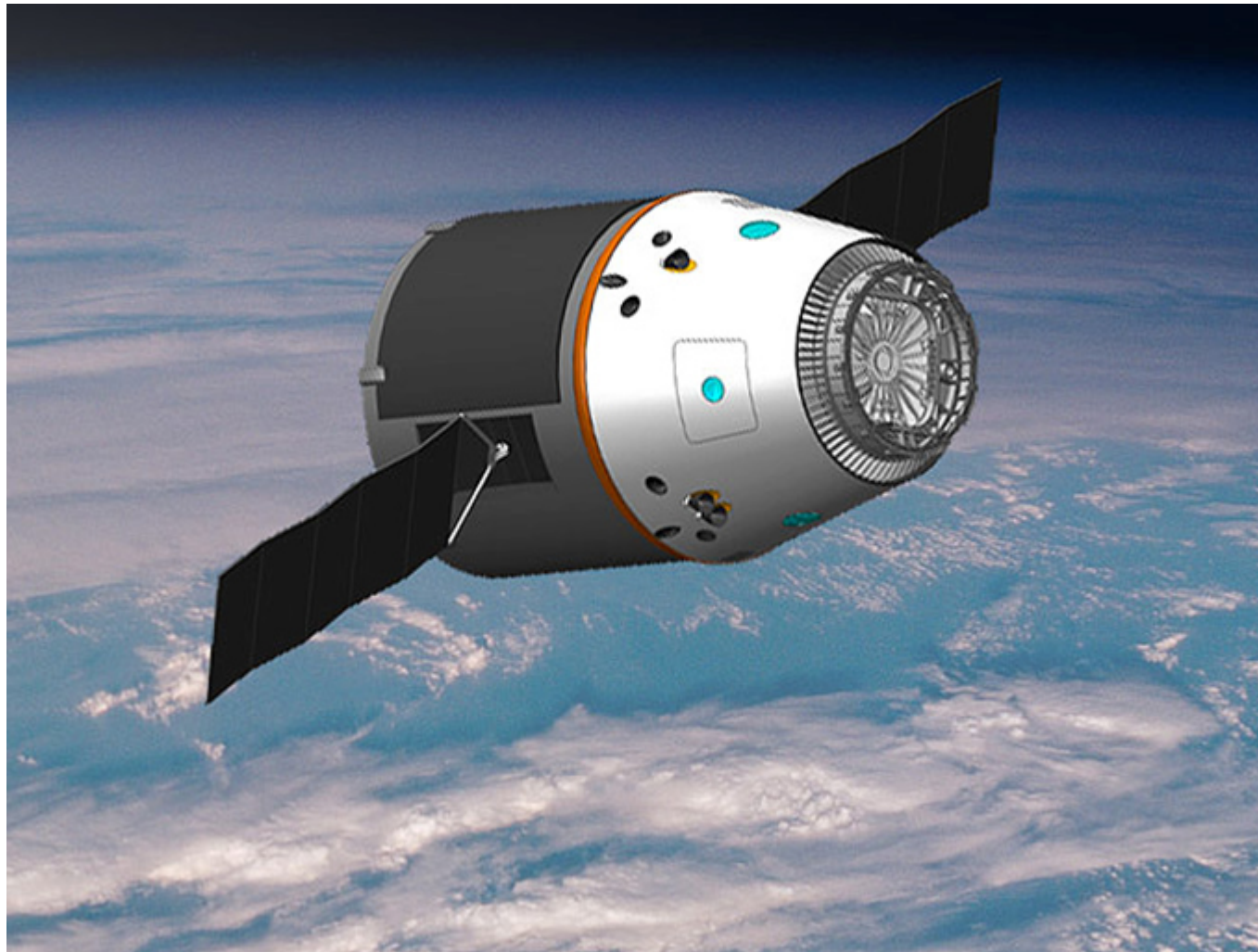
# Experimentablauf

---

- 6 Gascontainer von Astronauten ausgebaut
- Im MELFI Kühler auf tiefe Temperatur gekühlt
- In Transportcontainer mit guter Isolation gepackt
- Rückflug zur Erde (48 Stunden)
- Temperatur darf nicht über Gefrierpunkt steigen!
- Analyse später im Labor

# Rücktransport mit Space-X Dragon

www.joanneum.at



# Status

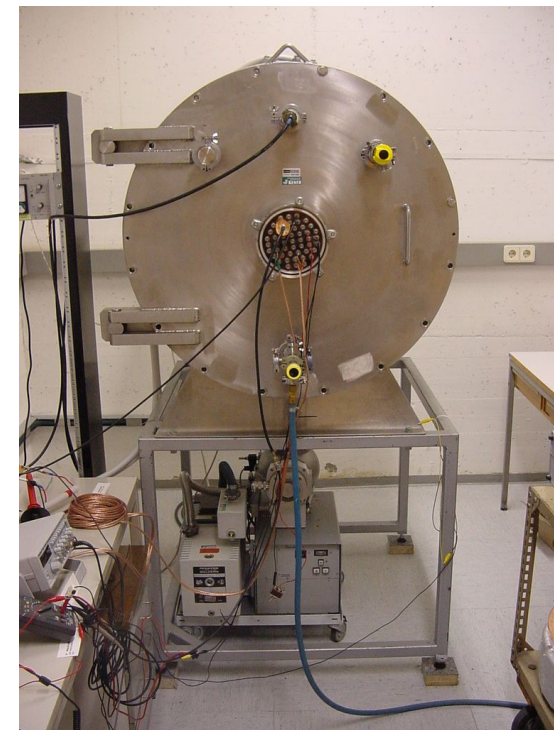
---

- Negative Control Test (Juni 2010)
- Science Validation Test (Sept-Okt. 2010)
- Beide Tests mit EM
- Bau des FM
  
- Flight Readiness Review Q2/2011

# Phase C/D

- Bau des Qualifikationsmodells, Flugmodells, Trainingsmodells für Astronauten
- Test im Labor

www.joanneum.at



INNOVATION aus TRADITION

# Zusammenfassung

---

- Verifikation (Falsifikation) einer interessanten Theorie und Fragestellung der Astrophysik und Astrobiologie
- Anspruchsvolles Weltraumprojekt
- High-tech „made in Styria“

# Danksagung

---

- Team: DI C.Kropiunig, DI E.Greschitz, V.Plucinski, B.Blanzano, G.Lammer (JR)  
DI R.Finsterbusch (TU Graz)  
P.Rosier, Frank Preud'Homme (Qinetiq)
- ESA: Dr. Neil Melville, Dr. Jan Dettmann, Dr. Ewald Kufner
- ALR: Ing. Harald Posch, Dr.André Peter