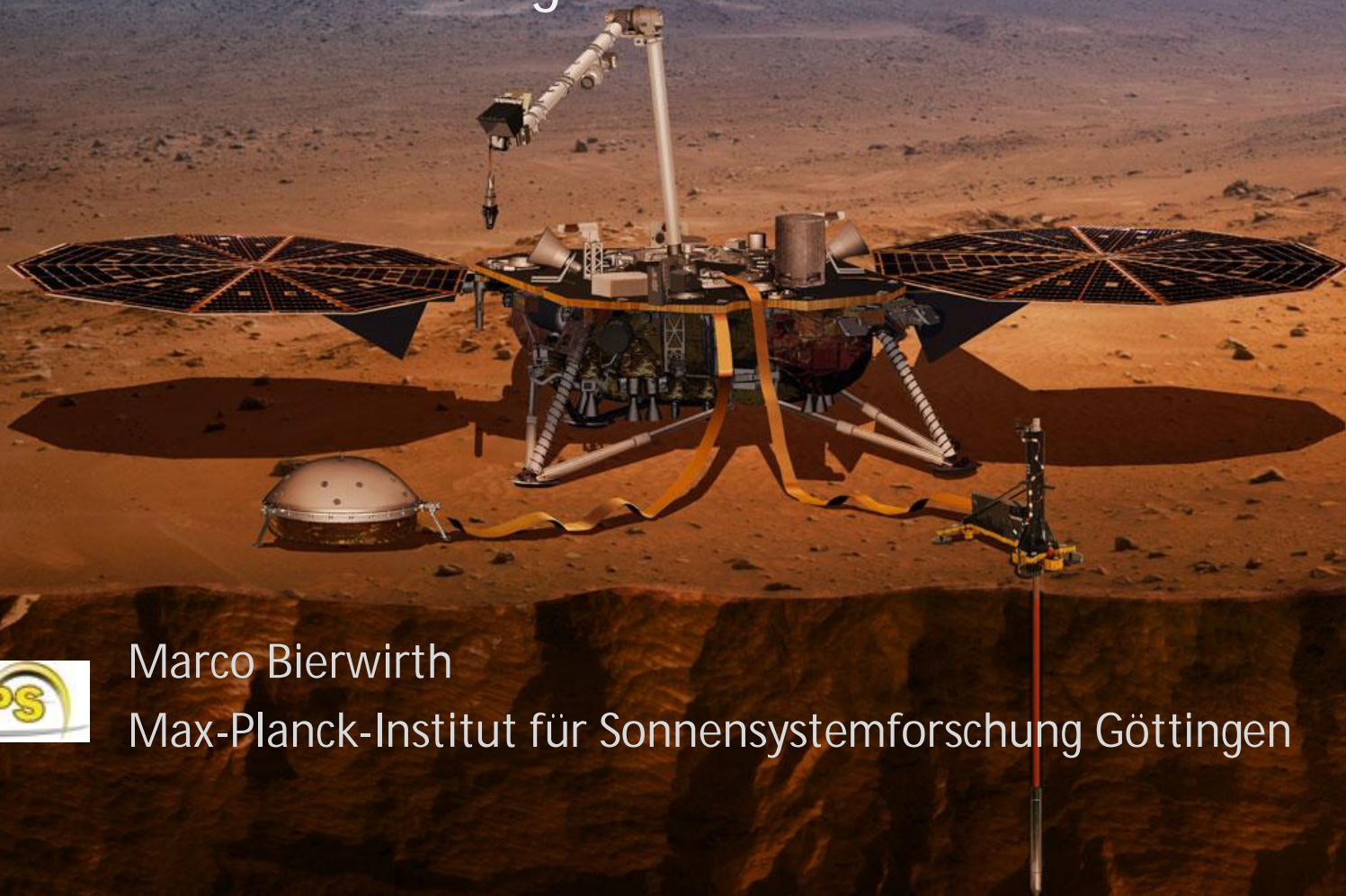


# Nivellierung des SEIS Instruments auf NASA's InSight Mission zum Mars

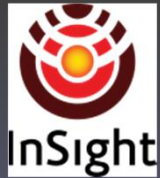


© NASA/JPL-Caltech



Marco Bierwirth

Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung Göttingen



## Interior Exploration using **S**eismic **I**nvestigations, **G**eodesy and **H**eat **T**ransport

### Mission Facts

Start: 05. Mai 2018

Landung: 26. November 2018

Ende der Primärmission: Dezember 2020

3 geophysikalische Instrumente zur  
Untersuchung der inneren Struktur des Mars



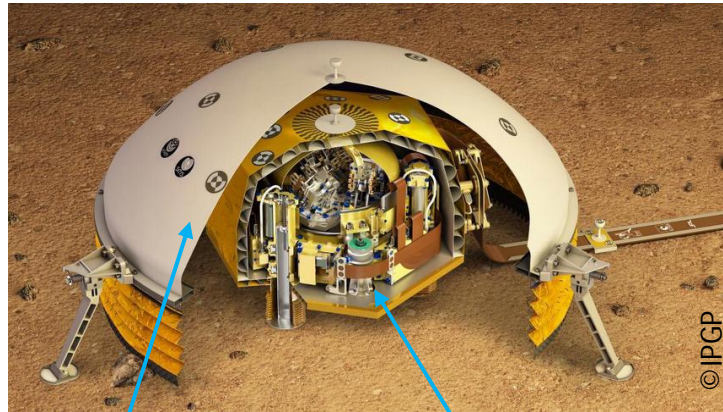
### SEIS Instrument

- hochempfindliches Seismometer
- Messbereich 0.01...100Hz
- Temperaturbereich: -120°C non-op; -65°C...+60°C
- Nivelliersystem; Wind- und Thermalisolierung
- Gewicht des abgesetzten Sensor Assembly: ca. 6.5kg
- Internationales Konsortium mit Hardwarebeiträgen aus Frankreich, Deutschland, Schweiz, Großbritannien, USA

### HP3 Instrument

- Radiometer
- "Maulwurf"
- Wärmeflußmessung der oberen Schichten
- vom DLR Berlin beigestellt

# Das SEIS Instrument



 Wind und Thermalshield

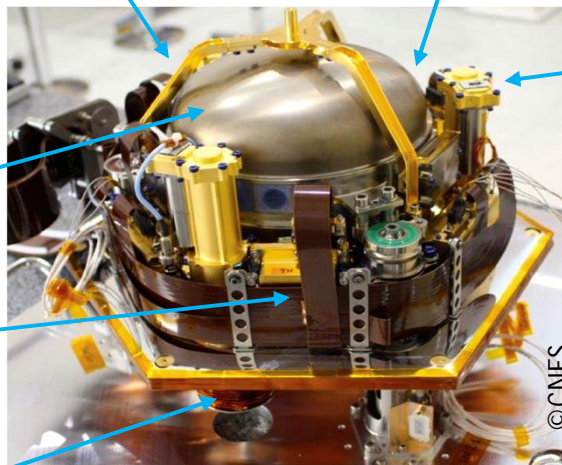
Sensor Assembly

 3-axes langperiodisches Seismometer

 3 kurzperiodische Seismometer

 Leveling System und FüÙe

 Elektronik-Box im Lander



verwindungssteifer Strukturring mit Neigungssensoren

3 Teleskopbeine

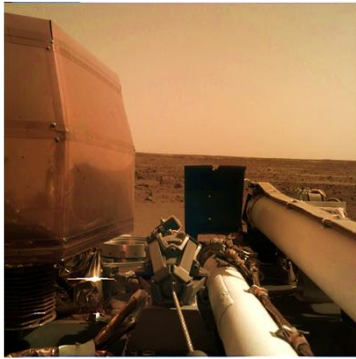
**Leveling System**





# InSight ist in Elysium Planitia angekommen!

© NASA/JPL-Caltech



**SOL1**



**SOL10**



**SOL20**

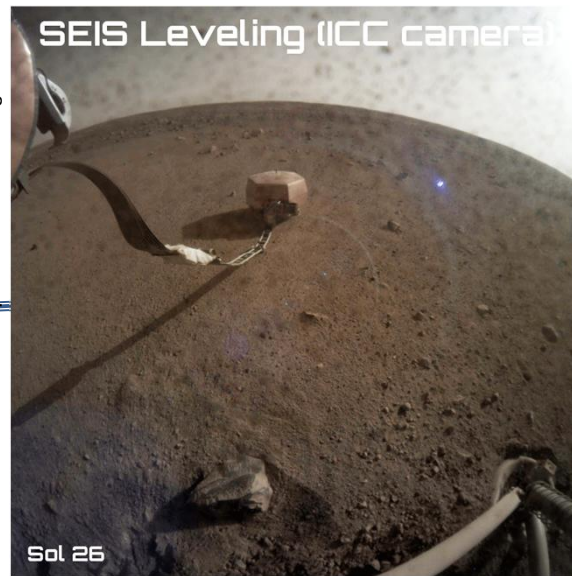


**SOL22: SEIS wird abgesetzt**

**Tmax: -17°C**  
**Tmin: -95°C**  
**P ~7mbar**

Beim Nivellieren  
wurden 2.6°  
Bodenneigung  
erfolgreich  
ausgeglichen

© NASA/JPL-Caltech/https://www.seis-insight.eu



**SOL 30: SEIS Leveling**

# Qualifikation

Um einen auf dem Mars funktionierenden Mechanismus herzustellen, sind viele Designschritte, Tests und Verifikationen erforderlich.

Qualifikation = Testen auf die zu erwartenden Umgebungsbedingungen

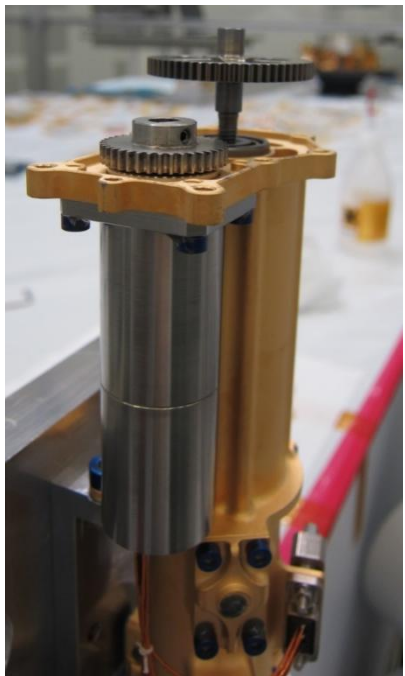


## Baugleiches Qualifikationsmodell des Teleskopbeins

- **4 Thermal-Vakuumzyklen -120°C...+60°C inkl. Funktionstest**
- **thermale Lebensdauer: 400 Thermalzyklen**
- **mechanische Lebensdauer: >7800mm akkumulierter Fahrweg**
- **Vibrationstest**
- **Schocktest**
- **Performancetests (Anlaufstrom)**
  
- **Zerlegen und Inspektion**



## Untersuchung des Linearantriebs



**Zahnradspindel aus TiAl6V4**

**Beschichtung: MoS<sub>2</sub>**

- 1-2µm Dicke
- im PVD-Sputterverfahren aufgebracht
- ideal für extremen Temperaturbereich
- ideal für Vakuum
- aber problematisch bei Luftfeuchtigkeit



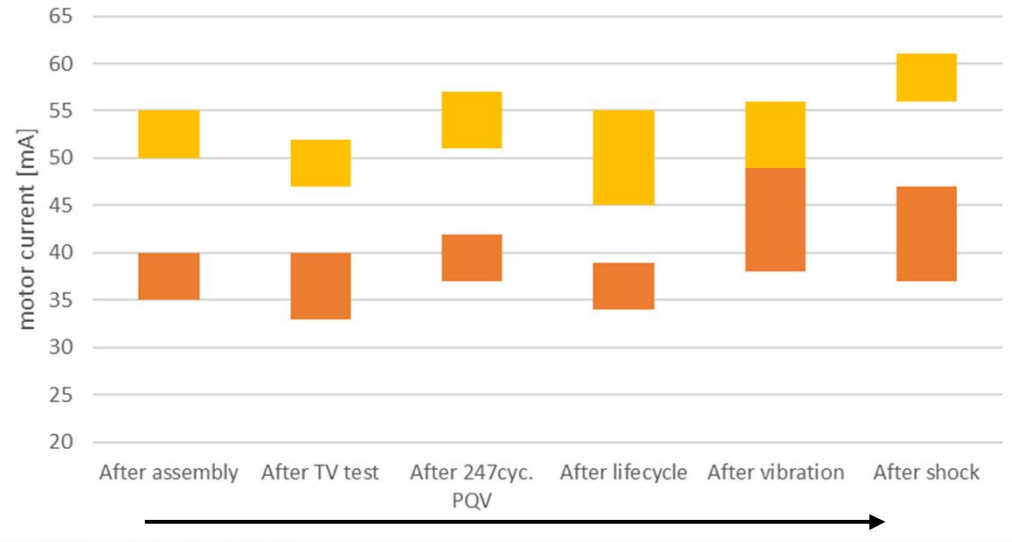
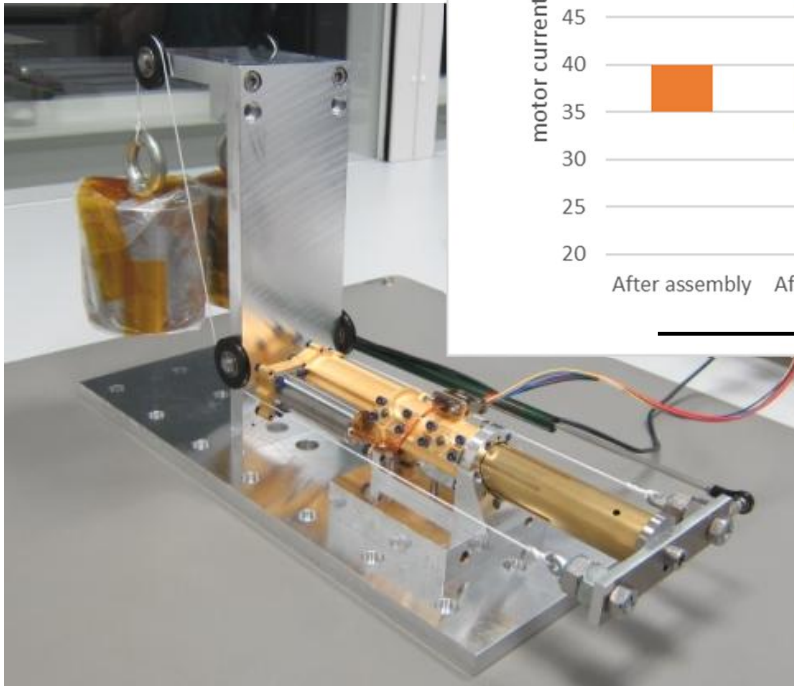
**Mutter aus Lagerbronze**

- ist selbsthemmend
- hat MoS<sub>2</sub> von der Spindel aufgenommen

Die Spindel zeigte die größten Verschleißerscheinungen.  
Beanspruchung durch Vibration, Schock, Bewegen an Luft

# Motorstrom als Verschleißindikator

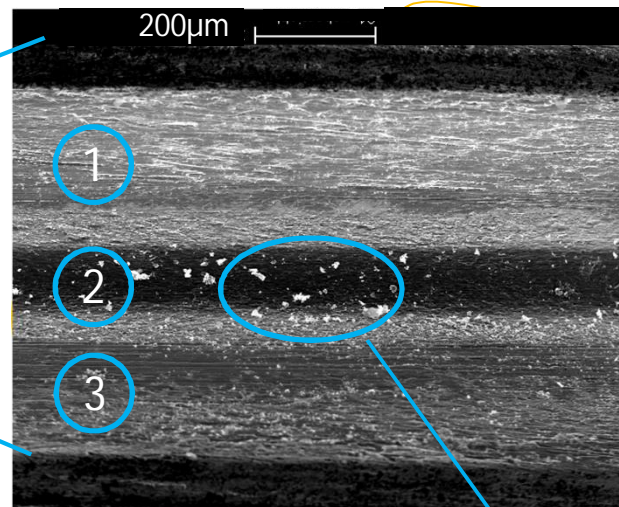
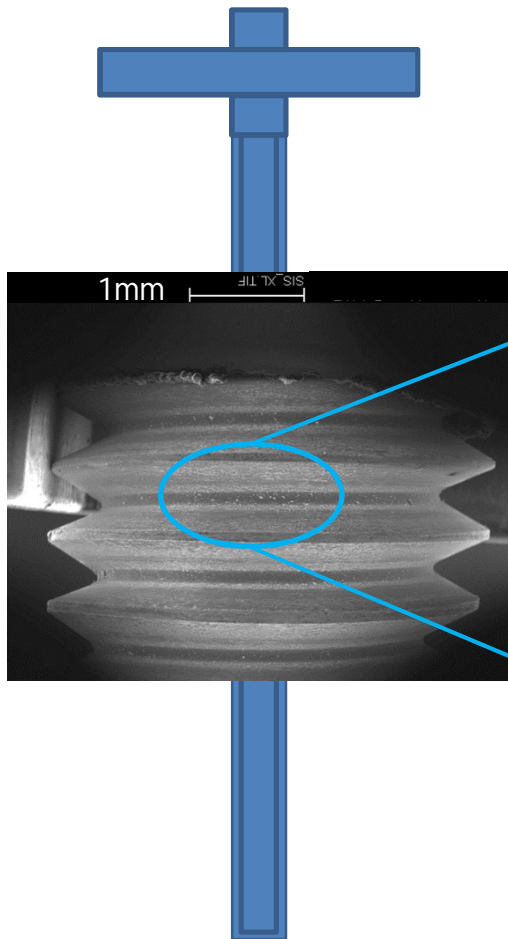
gelb: EXTEND  
orange: RETRACT



**Qualifikation**

Der Anlaufstrom ist abhängig von der Position der Mutter auf der Spindel

# REM-Untersuchung der Zahnradspindel

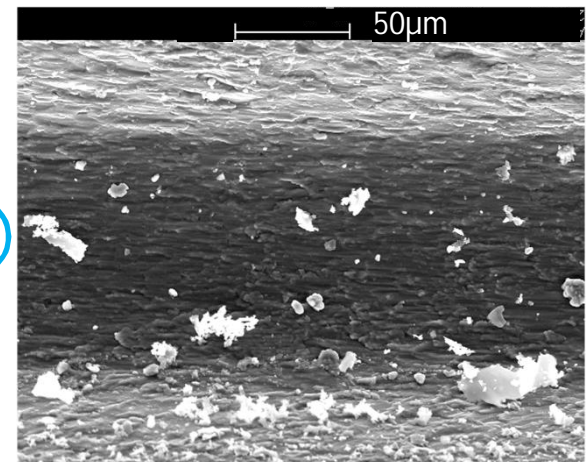


Flanke, von der Mutter vorgespannt

Vertiefung vom Gewinde

Flanke, nicht von der Mutter vorgespannt

reguläre lamellare Struktur des MoS<sub>2</sub>

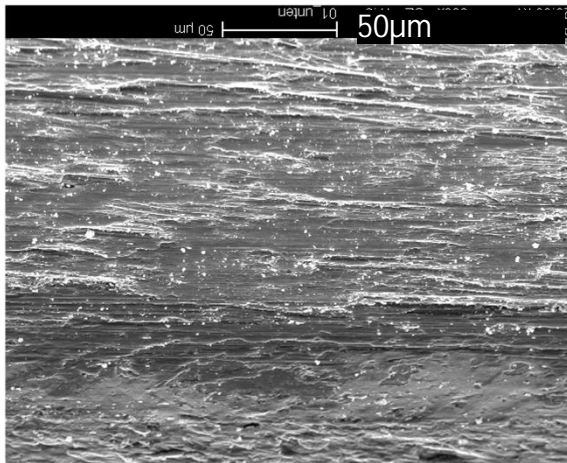




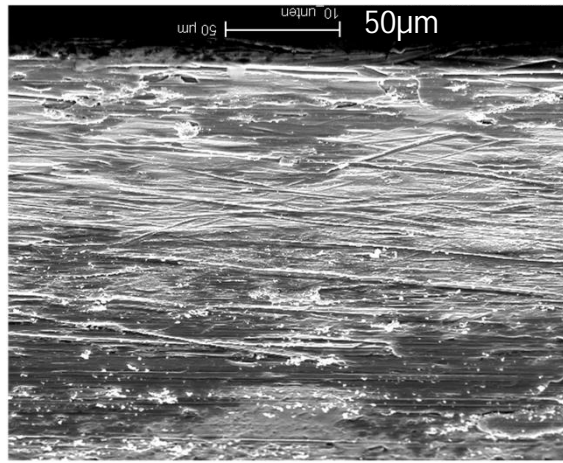
# REM-Untersuchung der Zahnradspindel

## vorgespannte Flanke

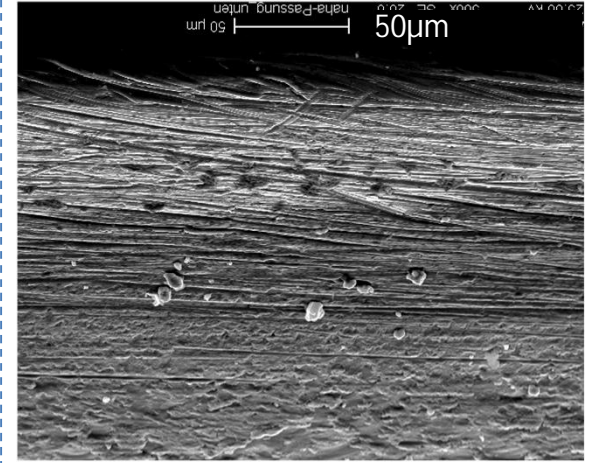
1



im Bewegungsbereich  
der Mutter

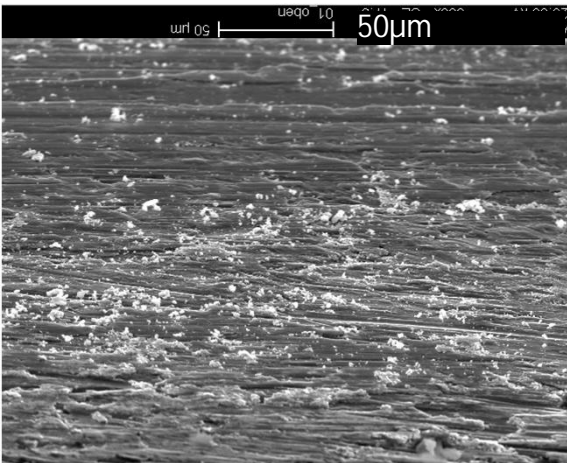


Mitte der Spindel =  
größte Belastung

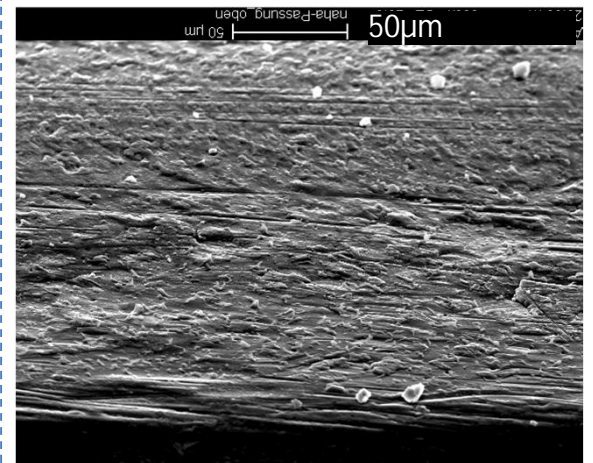
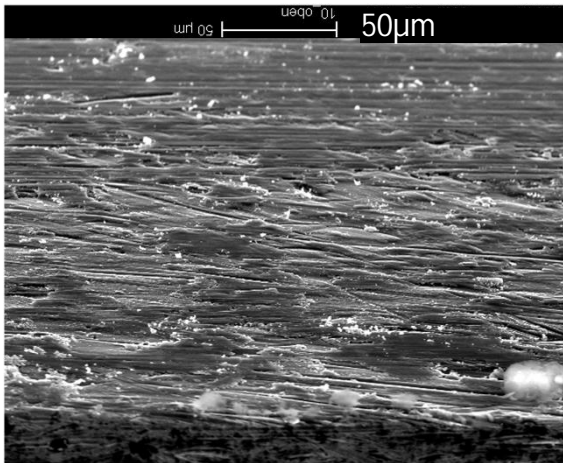


außerhalb des  
Bewegungsbereichs

3



nicht vorgespannte Flanke



- Die Qualifikation des Linear Aktuators war erfolgreich -
- Das Flugmodell funktioniert auf dem Mars einwandfrei!
  
- Eine Degradation der Performance an den am stärksten beanspruchten Stellen konnte auf eine Abnahme der Trockenschmierung und Riefenbildung auf der Spindel zurückgeführt werden
- Die erhöhte Reibung war im Motorstrom sichtbar
- Die REM-Untersuchungen an der Spindel konnten dies verifizieren
- Die anderen beweglichen Teile zeigten nach der Qualifikation keine signifikante Änderungen

## Zurück zum Mars...

© NASA/JPL-Caltech/https://www.seis-insight.eu



**SOL 44: Leveling Low**

### Weitere Meilensteine :

**SOL 22: Absetzen des Instruments**

**SOL 30: Nivellieren**

**SOL 44: Absenken des Instruments**

**SOL 66: Absetzen des Wind und Thermalshields**

**SOL 76: Absetzen des HP3-Instruments**

**SOL 95: Kalibration der seismischen Sensoren**

**Heute ist SOL103. SEIS ist jetzt im regulären Meßbetrieb.**

© NASA/JPL-Caltech



**SOL 66: Das WTS wird abgesetzt**



**SOL 76: Absetzen des HP3-Instruments**