

Werkstoffuntersuchungen an Planetengetrieben für Weltraummissionen

Dr.-Ing. Marco Bierwirth

The logo for the Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung (MPS) features the letters 'MPS' in a bold, yellow, sans-serif font. The letters are set against a dark background with a stylized yellow and white arc above them, resembling a comet or a planetary ring system.

MPS

Max-Planck-Institut für
Sonnensystemforschung

© JAXA/NHK



Max Planck Institute for Solar System Research



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT



**Located in the centre of Germany
near the Harz mountains at the
province Niedersachsen
North of Göttingen,
South of Hannover.**

Postal Code:

Max Planck Institut für
Sonnensystemforschung
Max Planck Strasse 2
37191 Katlenburg-Lindau
Germany

Web: <http://www.mps.mpg.de>



Max Planck Institute for Solar System Research



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

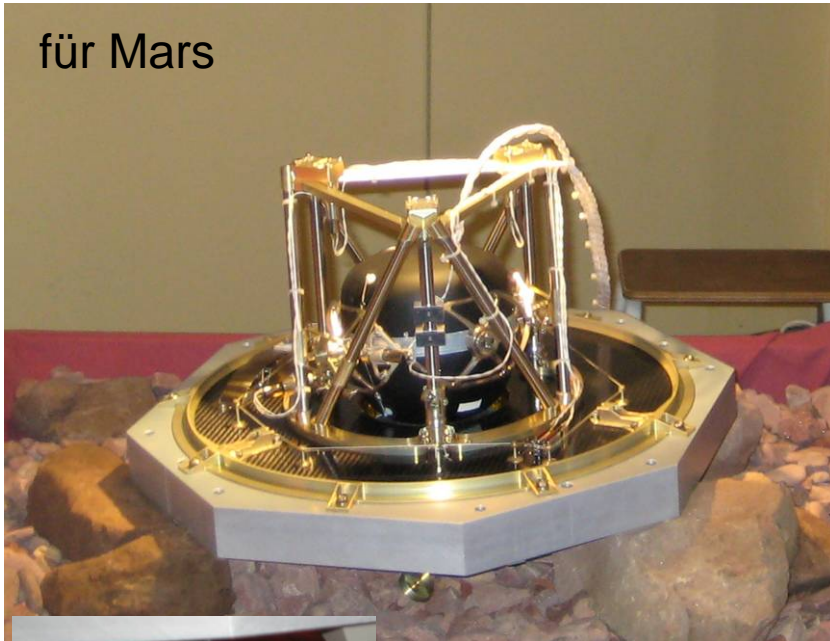
History:

- **Research of earth atmosphere electromagnetic wave phenomena, until around 1980s**
- **Involved in instrumentation of the very first research satellites**
- **Major contributions for all ESA, ESA/NASA, and many other missions**

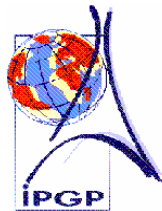
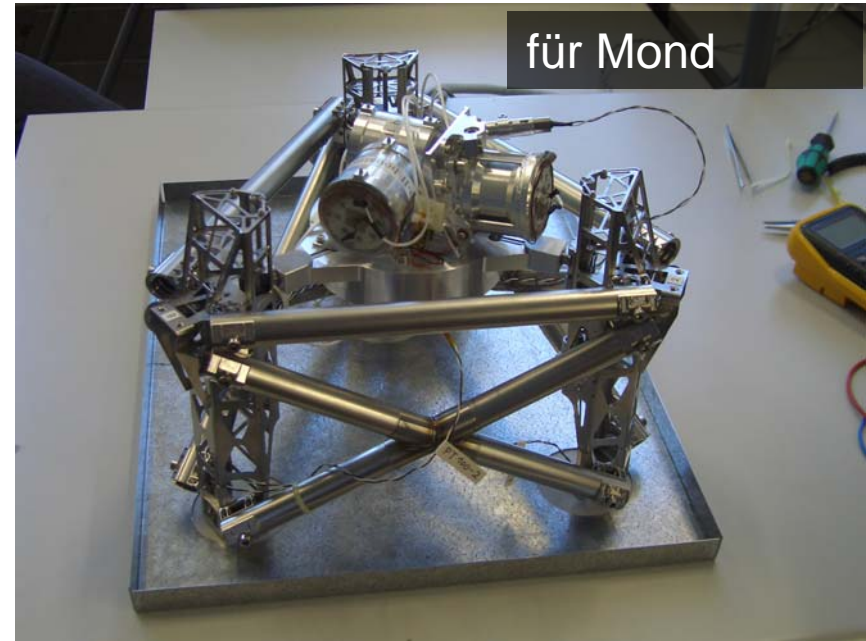
SEISmometer Deployment Subsystem

- Ankopplung an den Untergrund
- Nivellierung der Sensoren
- Steuerelektronik und Software

für Mars



für Mond





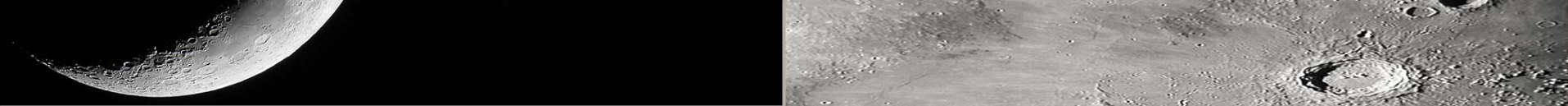
Anforderungen an die Antriebe

Es werden 10mm-DC Motore mit Planetengetrieben verwendet.

- Vakuumtauglichkeit
- Einsatztemperaturbereich $-60^{\circ}\text{C}\dots+50^{\circ}\text{C}$
- Zuverlässigkeit

Standardkomponenten sind ohne Modifikationen im Weltraum nicht einsetzbar!

Vakuurfett	Trockenschmierung	
Castrol Braycote® 600EF	Molybdändisulfid	Wolframdisulfid
$-80^{\circ}\text{C}\dots+204^{\circ}\text{C}$	$-185\dots+450^{\circ}\text{C}$	$-188^{\circ}\text{C}\dots+538^{\circ}\text{C}$
Schwergängigkeit des Getriebes unter -30°C	MoS ₂ nimmt Feuchtigkeit übel; darf an Luft nicht betrieben werden	

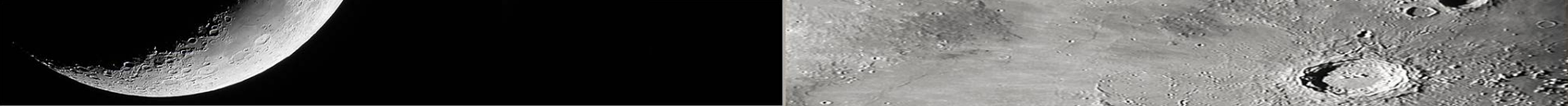


Hohe Ausfallraten

Eine Charge trocken geschmierter Planetengetriebe wurde speziell für das MPS angefertigt.

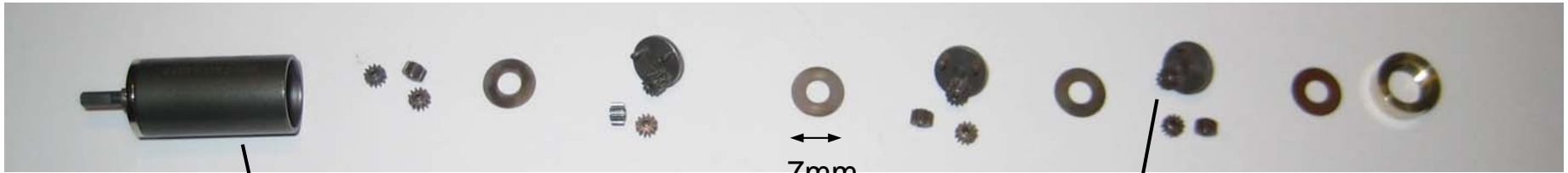
Die Getriebe wurden unter verschiedenen Betriebsbedingungen mit Eingangsdrehzahlen von $<5.000 \text{ min}^{-1}$ bis 15.000 min^{-1} getestet.

Ca. 40% der getesteten Getriebe versagten nach nur wenigen Minuten Betriebsdauer. Immer war eines der Zahnräder in der schnell laufenden Stufe auf seiner Welle verklemmt.

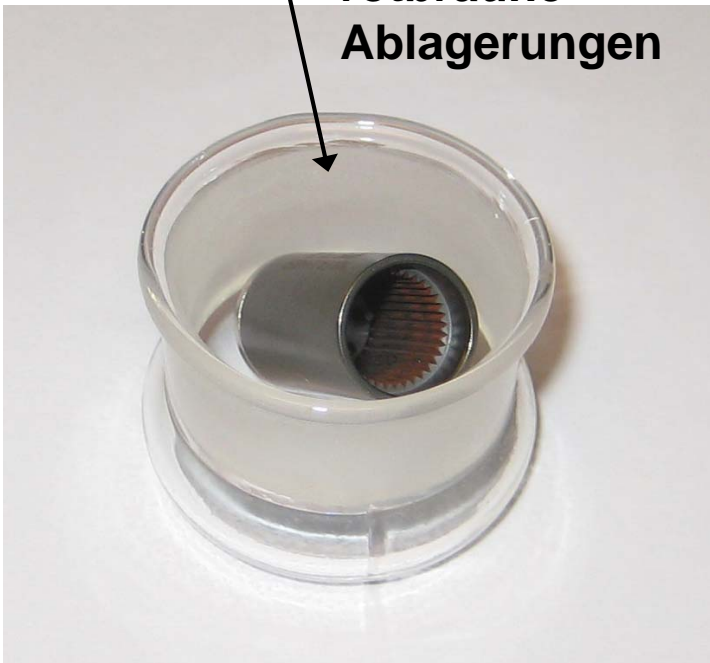


Schadensanalyse

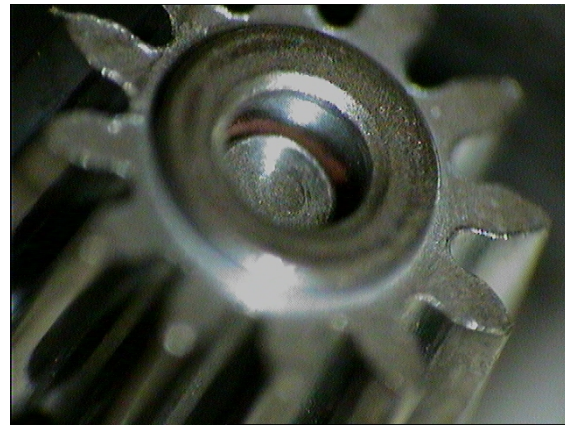
Zerlegen des Planetengetriebes

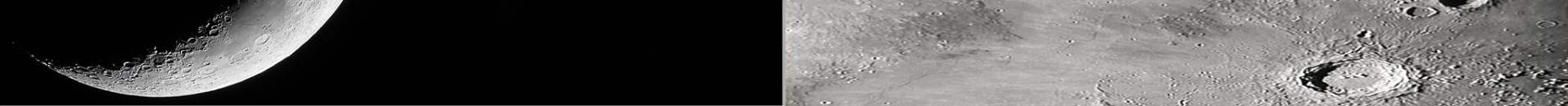


**rotbraune
Ablagerungen**



**Zahnrad auf Stift
verklemmt**



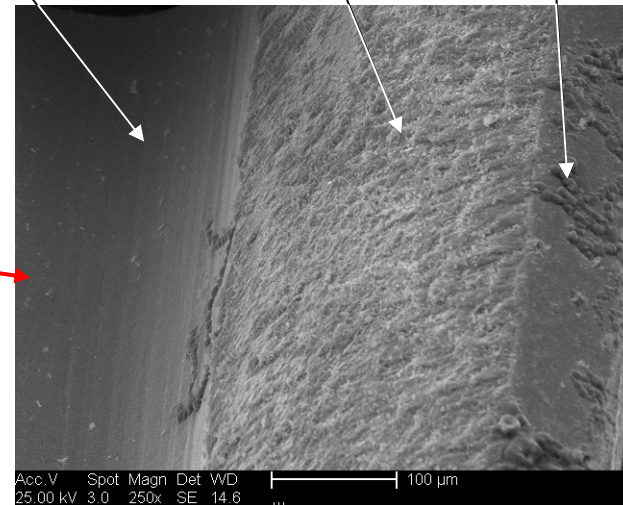
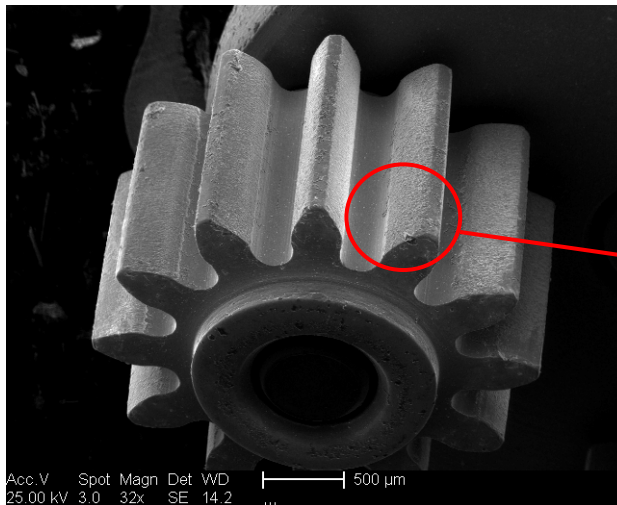


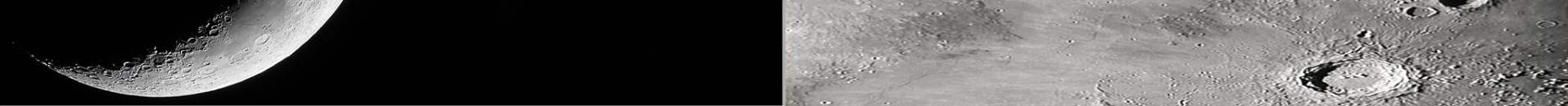
REM/EDX-Untersuchungen

Oberfläche der
Zahnflanken

einzelne Partikel

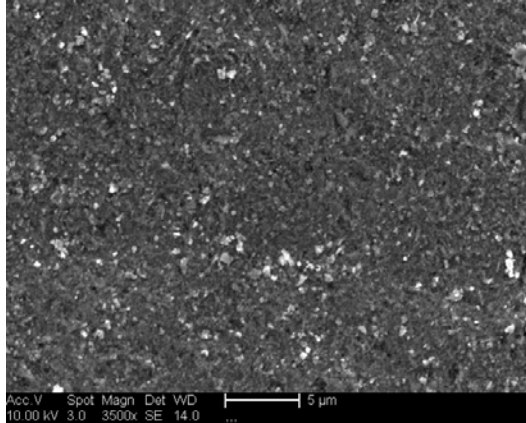
intakte Schicht



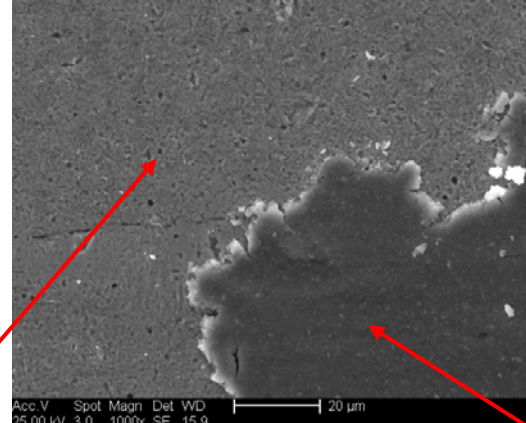


Intakte Schmierstoff-Schicht

WS₂ Schichtdicke ca. 0,5µm



5µm

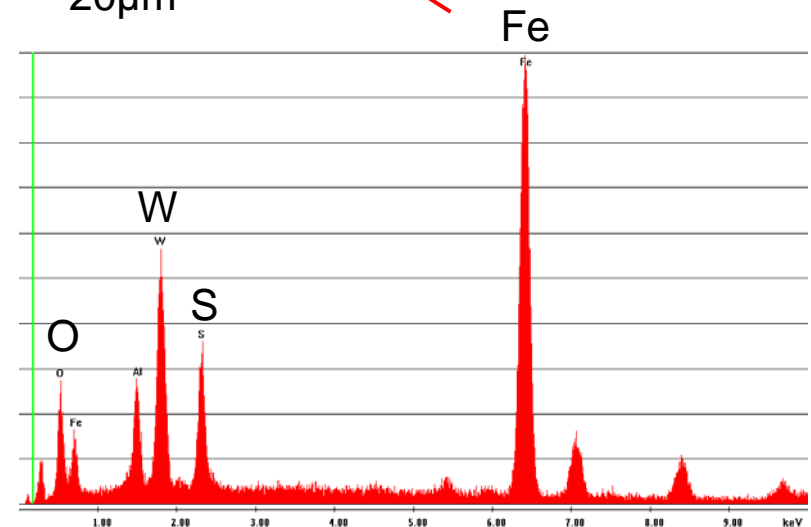
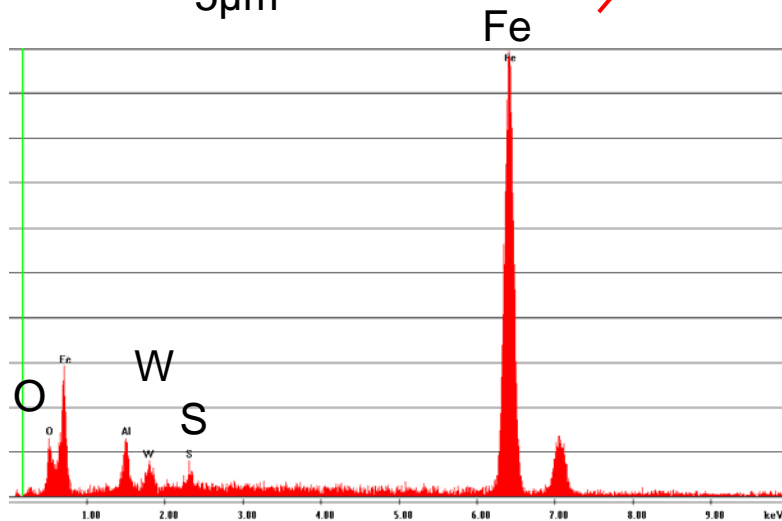


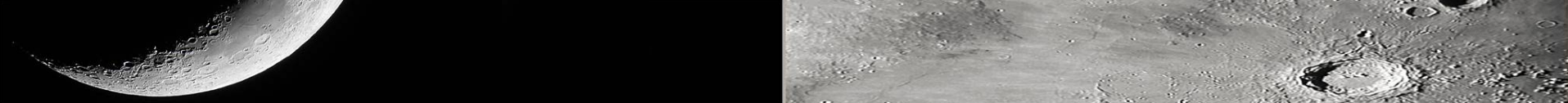
20µm

Zahnflanke

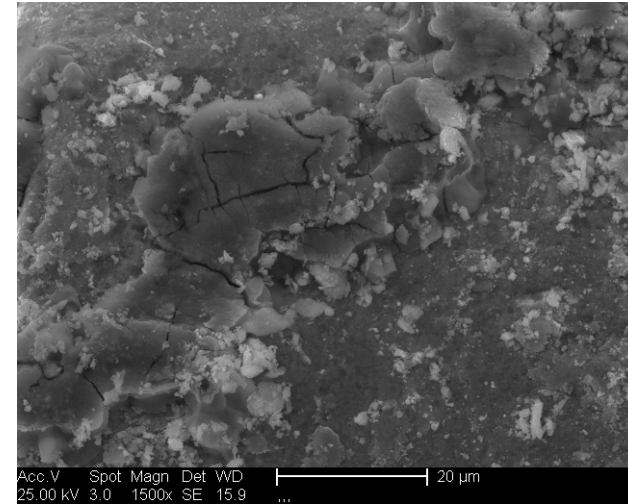
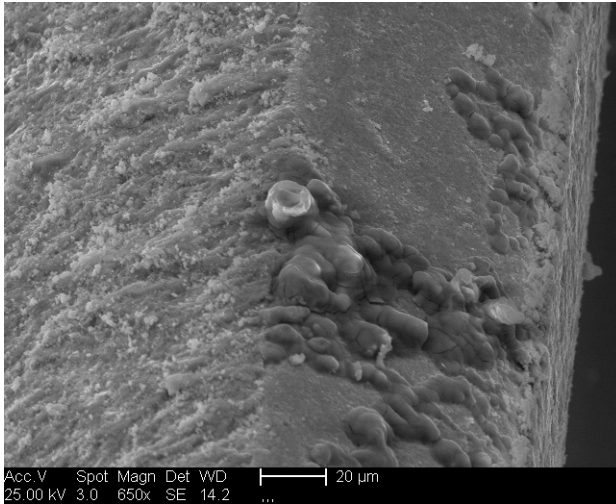
Drehzahl 300min⁻¹

**dünne Schichten
aus WS₂ gleiten
aufeinander ab.**





Oberfläche der Zahnflanken und einzelne Partikel



20µm

**„rot-brauner Belag“ und einzelne Partikel:
Verbindungen aus Fe, O, S bilden eine Art
Bremsbelag.**

**In den Buchsen der Zahnräder führt das
zum Verklemmen und damit zum Ausfall.**

