

Wenn der Fehler mit ins All fliegt

Resilienz für Systeme, die Generationen überdauern

Thomas Panhofer
Manager Hardware System & Design Engineering Electronic Solutions Vienna



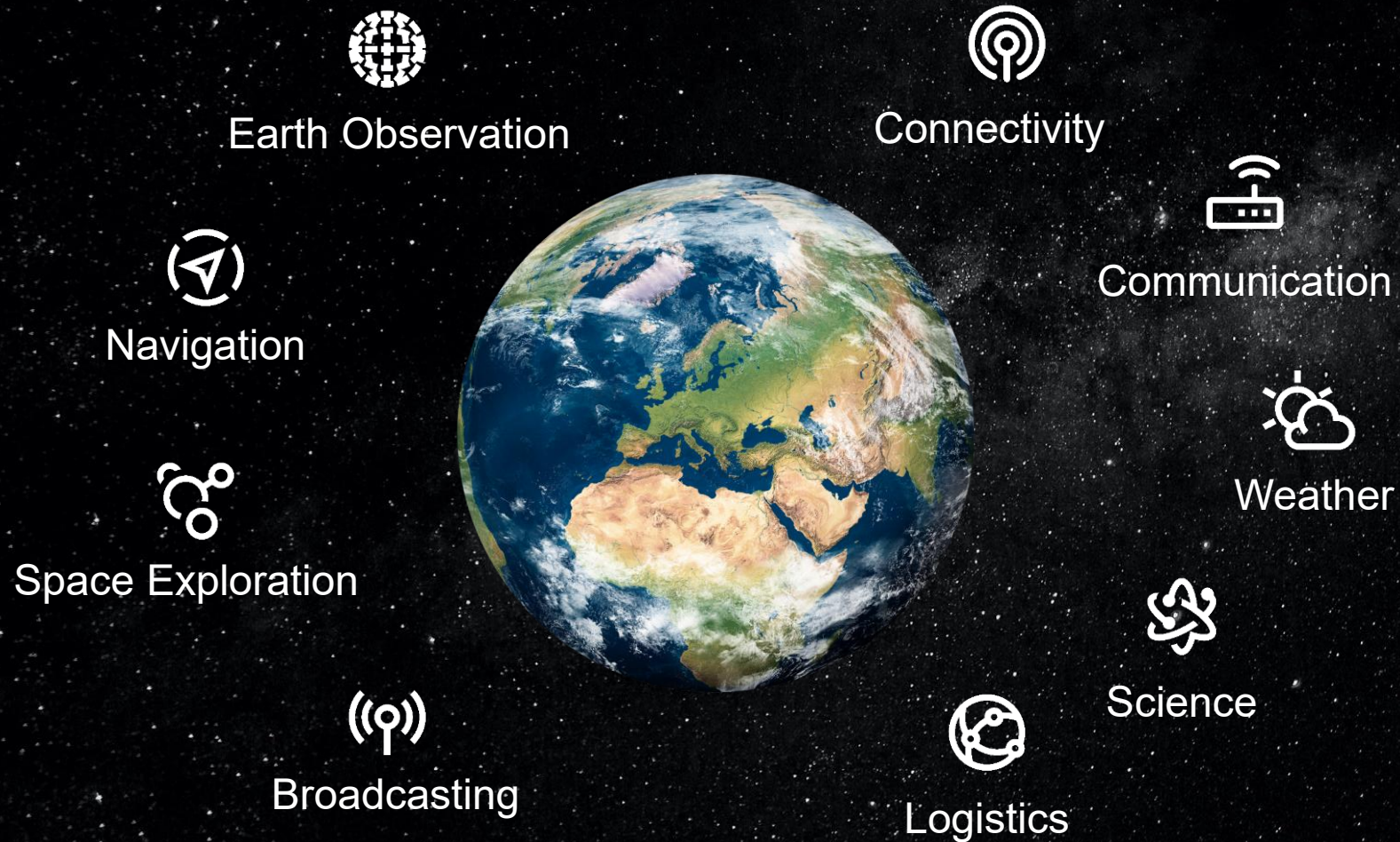
250 Beschäftigte, Standorte in Wien & Berndorf

- **Elektronik** in Wien: Weltmarktführer bei der Entwicklung und Herstellung von Navigationsempfängern für die präzise Positionsbestimmung von Satelliten.
- Entwicklung und Produktion von hochpräzisen **Mechanismen** und Satelliten-Transportcontainern.
- Europäischer Marktführer bei **Thermalisolation** für Satelliten und Trägerraketen.

Größtes österreichisches Weltraumtechnikunternehmen mit 40 Jahren Erfahrung.

Raumfahrt ist näher, als wir glauben

Abhängigkeit von Satelliten



- Space Policies: ziviler, kommerzieller und sicherheitspolitischer Umgang mit dem All (z.B. internationaler Weltraumvertrag)
- Informationssicherheit (und mehr)
 - Deutschland (2023): [BSI TR-03184-1 Informationssicherheit für Weltraumsysteme Teil 1: Raumsegment](#)

Mit der Verabschiedung der EU-Richtlinie NIS 2 hat der Weltraum als Sektor seinen Platz als kritische Infrastruktur eingenommen. Dies betrifft zunächst das Bodensegment. Für das Raumsegment / die Satelliten selbst, in allen Lebensphasen, **gibt es bislang keine gesetzlichen Vorgaben**. Um Weltraumsysteme sicher zu gestalten, muss der Blick aber auf das Gesamtsystem gerichtet werden. So werden für das Raumsegment **gleichwertige Anforderungen an die Informationssicherheit benötigt** wie zur Absicherung kritischer Komponenten im Bodensegment.

- EU Space Act (Sicherheit, Resilienz, Nachhaltigkeit) ⁽¹⁾
- auch Österreich hat ein Weltraumgesetz
Bundesgesetz über die Genehmigung von Weltraumaktivitäten und die Einrichtung eines Weltraumregisters (Weltraumgesetz), BGBl. I Nr. 132/2011

(1) <https://www.gvw.com/aktuelles/blog/detail/europa-im-orbit-der-eu-space-act-als-rechtlicher-meilenstein-einer-strategischen-raumfahrtspolitik>

Resilienz beginnt lange vor dem Start

**There's no helpdesk
in space.**

Low Quantities

Radiation

Sun

beyond gravity

No maintenance

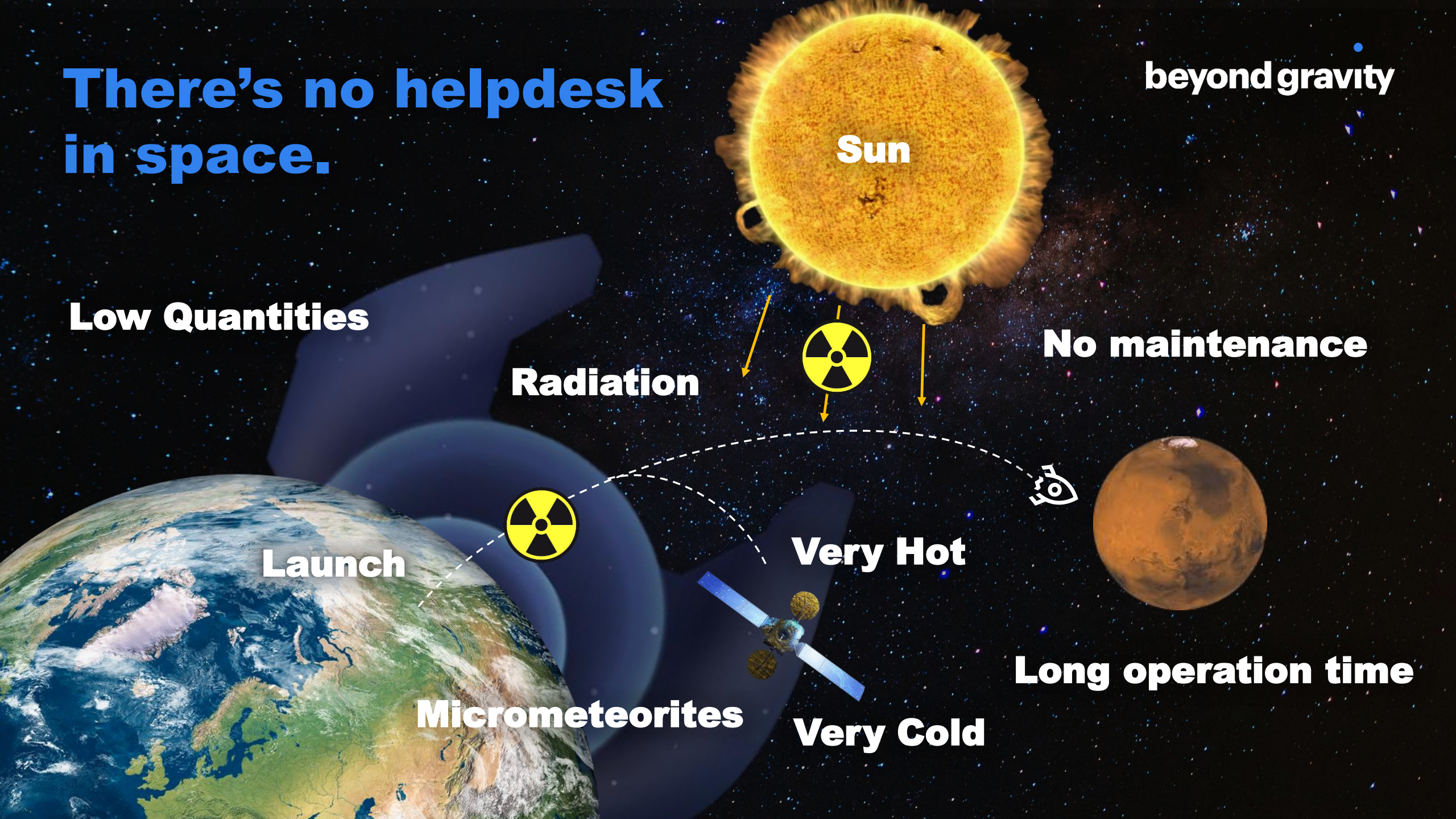
Launch

Very Hot

Micrometeorites

Very Cold

Long operation time

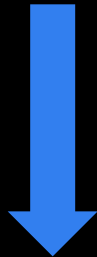


Beispiel: BepiColombo

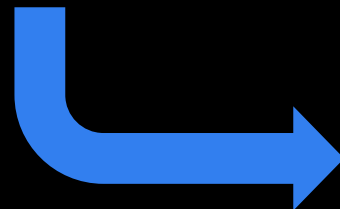
Europas erste Mission zum Merkur

beyond gravity

2000: Auswahl als ESA
Eckpfeiler Mission



Missions- &
System-Design
9 Jahre



Entwicklung & Integration
ca. 8 Jahre



2018: Start



2028: Missionsende



2026: Ankunft



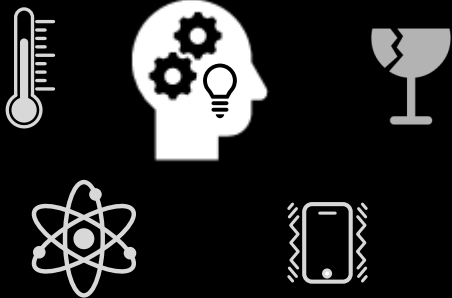
Transfer
8 Jahre



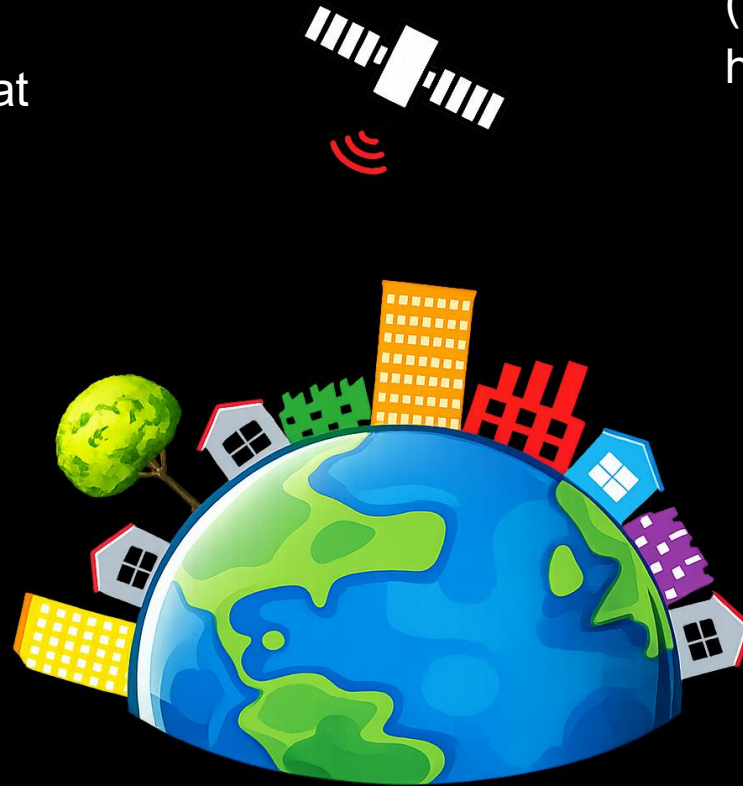
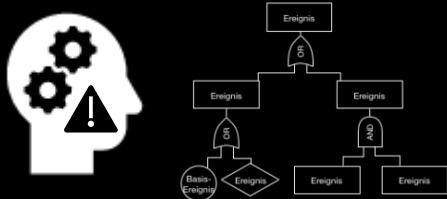
Resilienz beginnt mit den richtigen Annahmen

Fehlerbehandlung

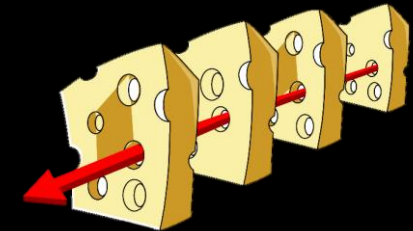
Ein System kann nur die Effekte
gesichert behandeln, an die man
während der Entwicklung gedacht hat



Fehlermodell / Szenario
Analyse (FMEA, FTA)

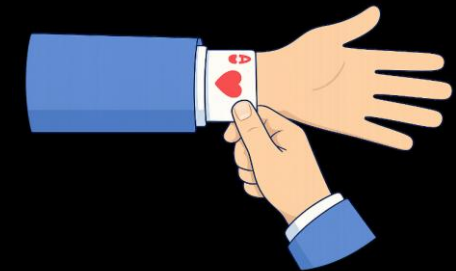


Fehler-Fortpflanzung vermeiden
(technisch, Prozesse, Dokumentation)
human factor – Richtlinien sind nicht genug



<https://www.simonwhatley.co.uk/>

Erkennung & Mitigation
(Redundanz)



Beispiele

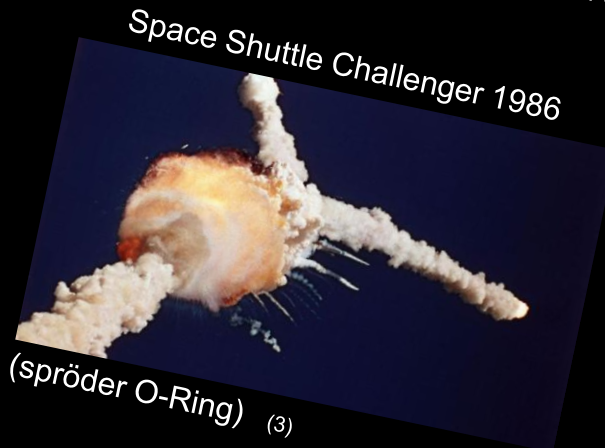
[...] Starlink-Satelliten stürzen derzeit mit einer Häufigkeit von ein bis 2 Stück pro Tag ab [...] <https://futurezone.at/digital-life/starlink-satelliten-fallen-vom-himmel-vergluehen-ozonschicht-sonnensturm-spacex/403090852>



(Sonnensturm) (2)



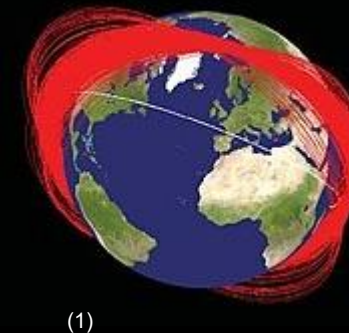
Ariane 5, 1996
(ungetestete S/W) (3)



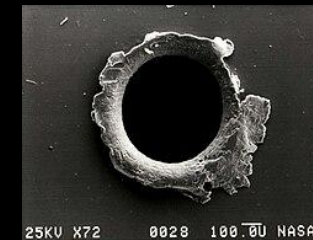
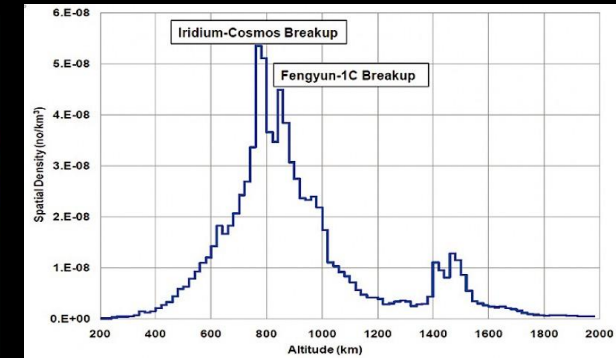
Space Shuttle Challenger 1986
(spröder O-Ring) (3)

beyond gravity

Fengyun-1C (FY-1C; chinesisch Wind und Wolken) war ein **chinesischer Wettersatellit** der **Fengyun-Reihe**, der am 10. Mai 1999 in eine etwa 849 bis 868 km hohe polare Umlaufbahn (**Bahnneigung** 98,6°) gestartet wurde. Seine aufsehenerregende Zerstörung am 11. Januar 2007 durch eine bodengestützte **Mittelstreckenrakete** brachte den ausgedienten Satelliten weltweit in die Schlagzeilen. Es handelte sich dabei um den ersten direkten Abschuss eines Weltraumfahrzeugs von der Erdoberfläche aus.

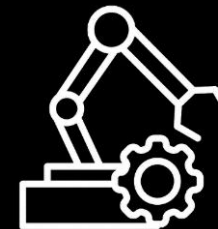


(1)



Loch nach Einschlag in den Solarzellenflügel des SMM-Satelliten mit etwa 0,5 mm Durchmesser. Das einschlagende Objekt muss deutlich kleiner gewesen sein. (1)

- Entwicklung
 - Unterstützung bei Designs, Reviews, Tests
- Autonome Aktivitäten für Mission, z.B.
 - Docking-Manöver
 - wissenschaftliche Untersuchungen
- Ist KI die Lösung aller Probleme?
 - Wie qualifiziere ich autonome Systeme?
 - Ist Kontrolle durch KI gut genug?
 - Vertrauen?



Wie bekommen wir eine Kuh auf den Mars?



Vorschlag von ChatGPT

Der Mensch als Fragesteller ist Teil des Systems

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit



Thomas Panhofer

Manager Hardware System & Design Engineering Electronic Solutions Vienna

thomas.panhofer@beyondgravity.com

Beyond Gravity Austria GmbH

Stachegasse 13

1120 Wien

<https://www.beyondgravity.com>