

Mars Pathfinder-Priority Inversion

Seminar: Analyse von Softwarefehlern

28.05.2021

Achilleas Tsakpinis

Inhaltsverzeichnis

1. Überblick

- Mission
- Pathfinder
- Landemodul

2. Scheduling

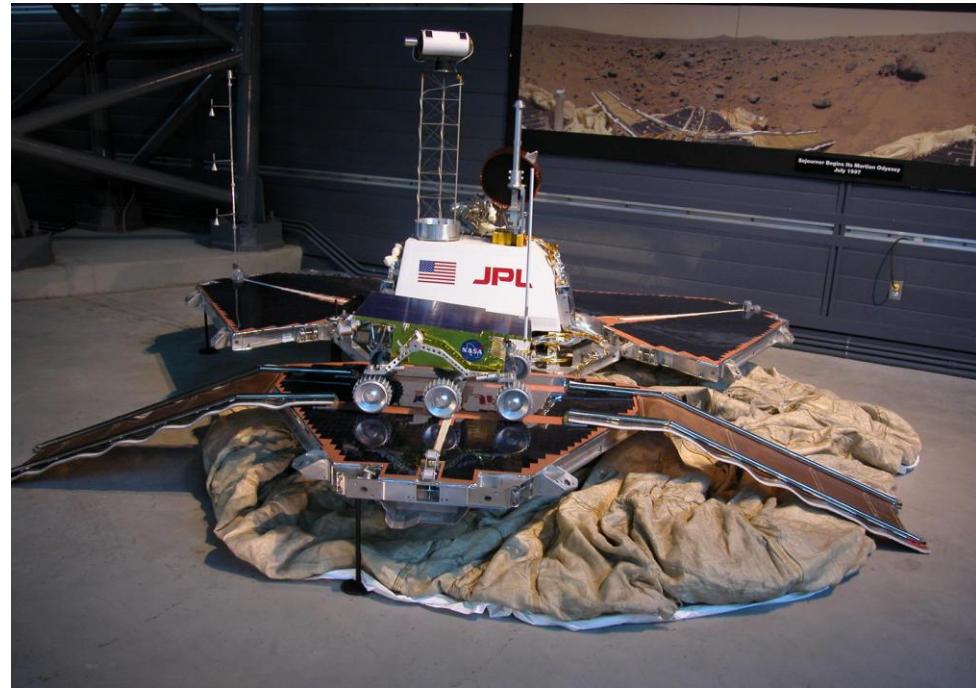
- Einführung
- Schedulingfehler
- Lösungen

1. Auswirkungen und Ausblick

Die Mission

Schwierigkeiten:

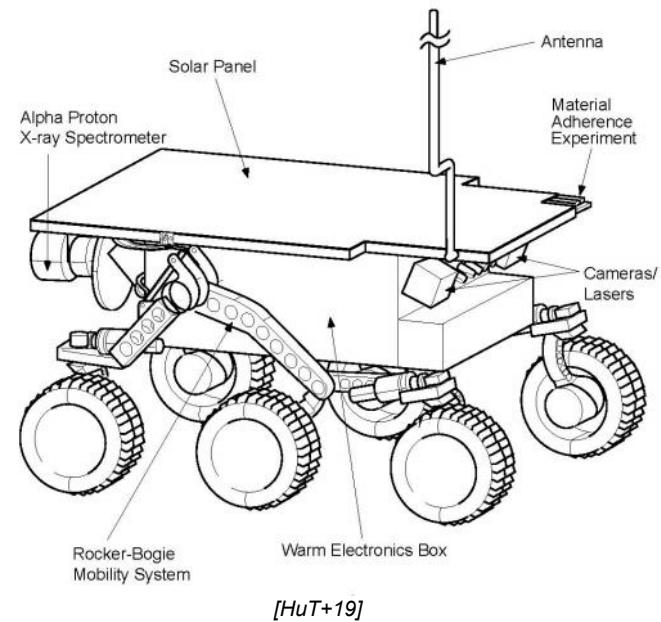
- Echtzeitsteuerung von der Erde aus unmöglich
- Begrenzte Bandbreite zur Erde
- Stromversorgung
- Temperaturen
- Raue Marsoberfläche



https://www.si.edu/object/engineering-model-lander-mars-pathfinder%3Anasm_A19990073000

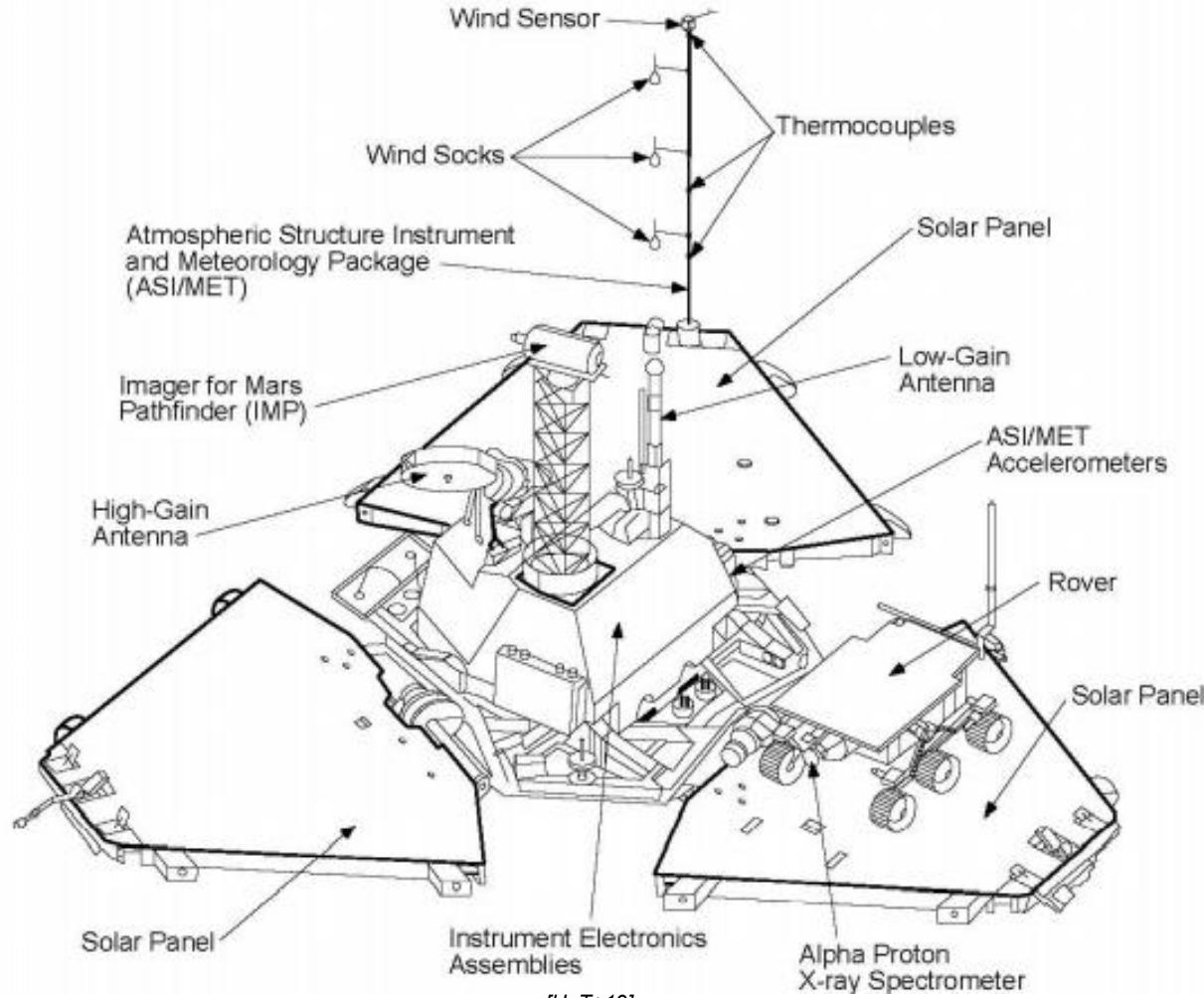
Mars Pathfinder

- IBM RS/6000 Prozessor
- VxWorks RTOS
- Alphapartikel-Röntgenspektrometer(APXS)
- Stereoskopische Kamera (IMP)
- Messstation (ASI/MET)
- 3 Außenkameras
- "cheaper/better/faster"-Strategie

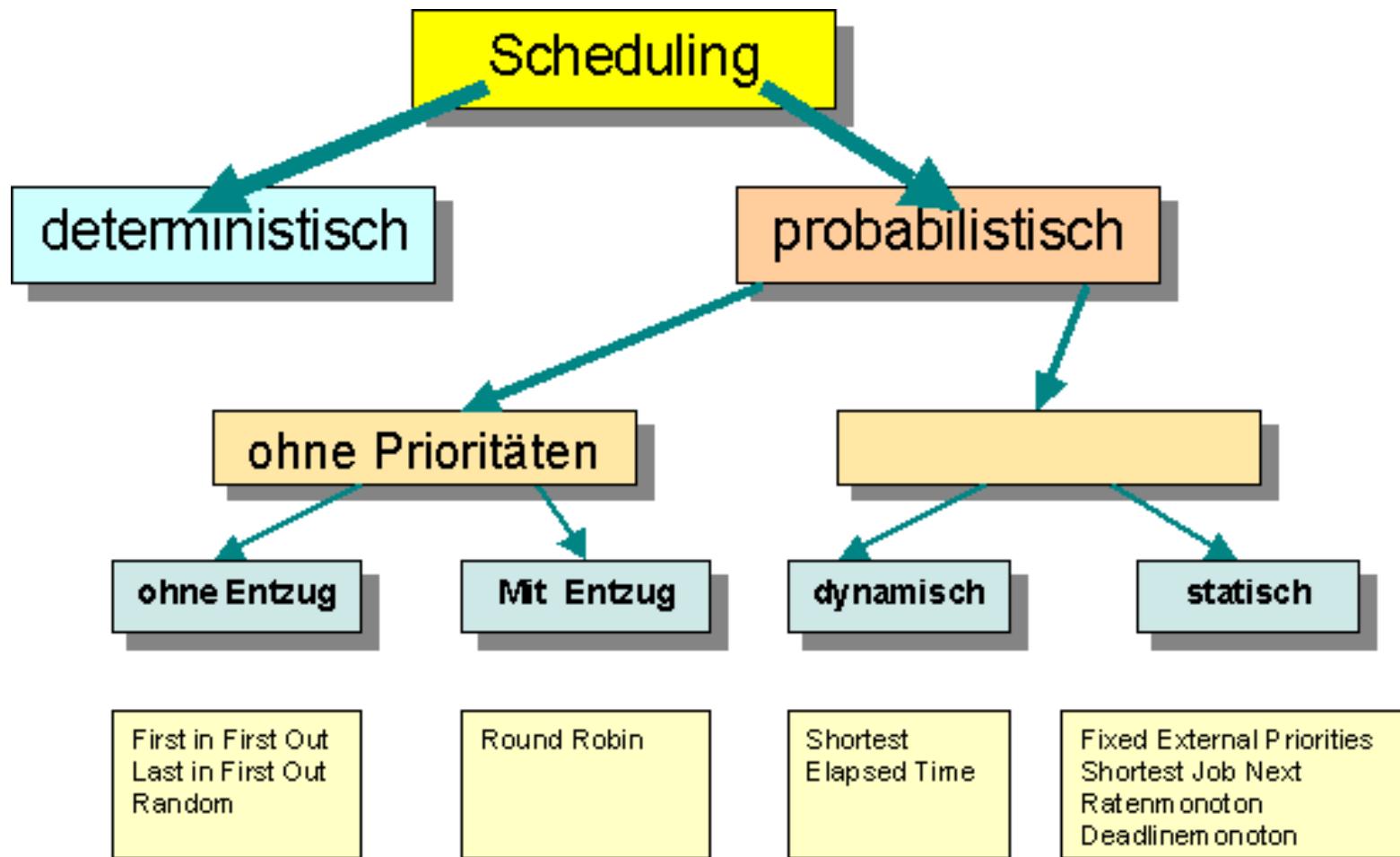


- 16kg
- 65 cm x 48 cm x 30 cm
- Autonom
- 0.6m/min
- 10m Operationsradius
- Solarstrom betrieben

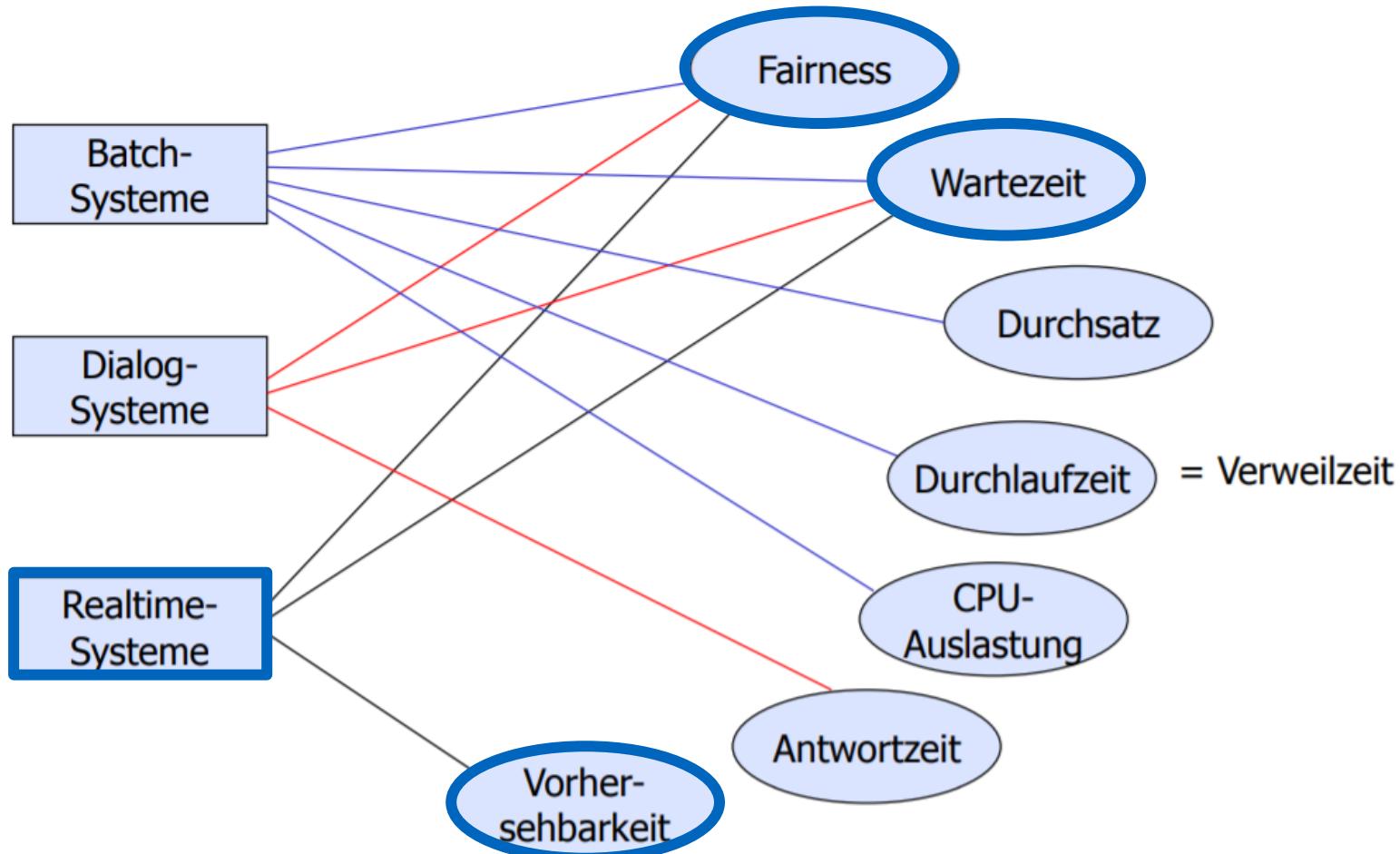
Landemodul



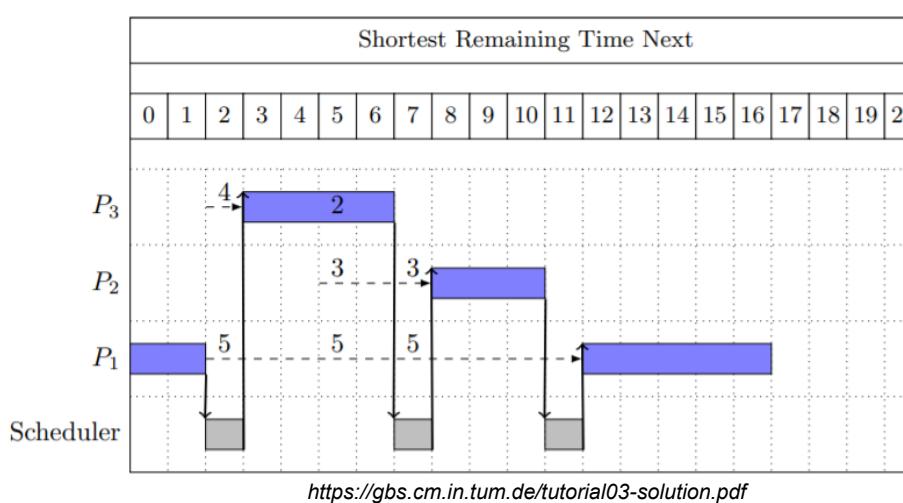
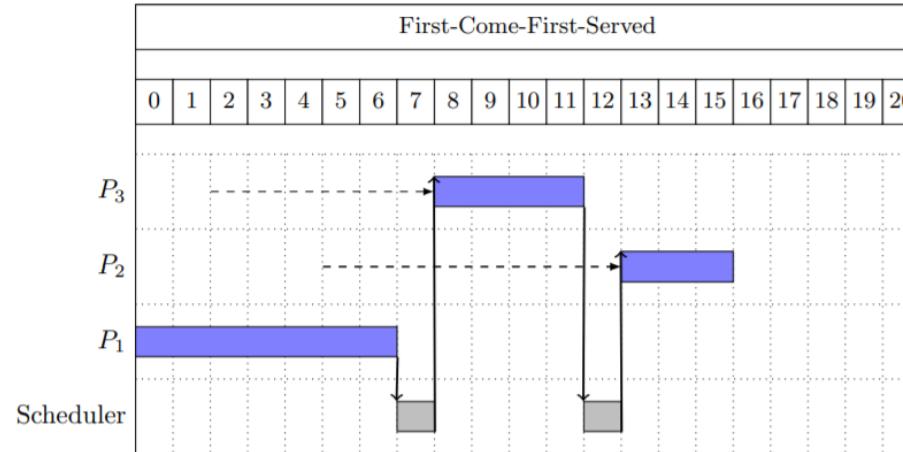
Scheduling



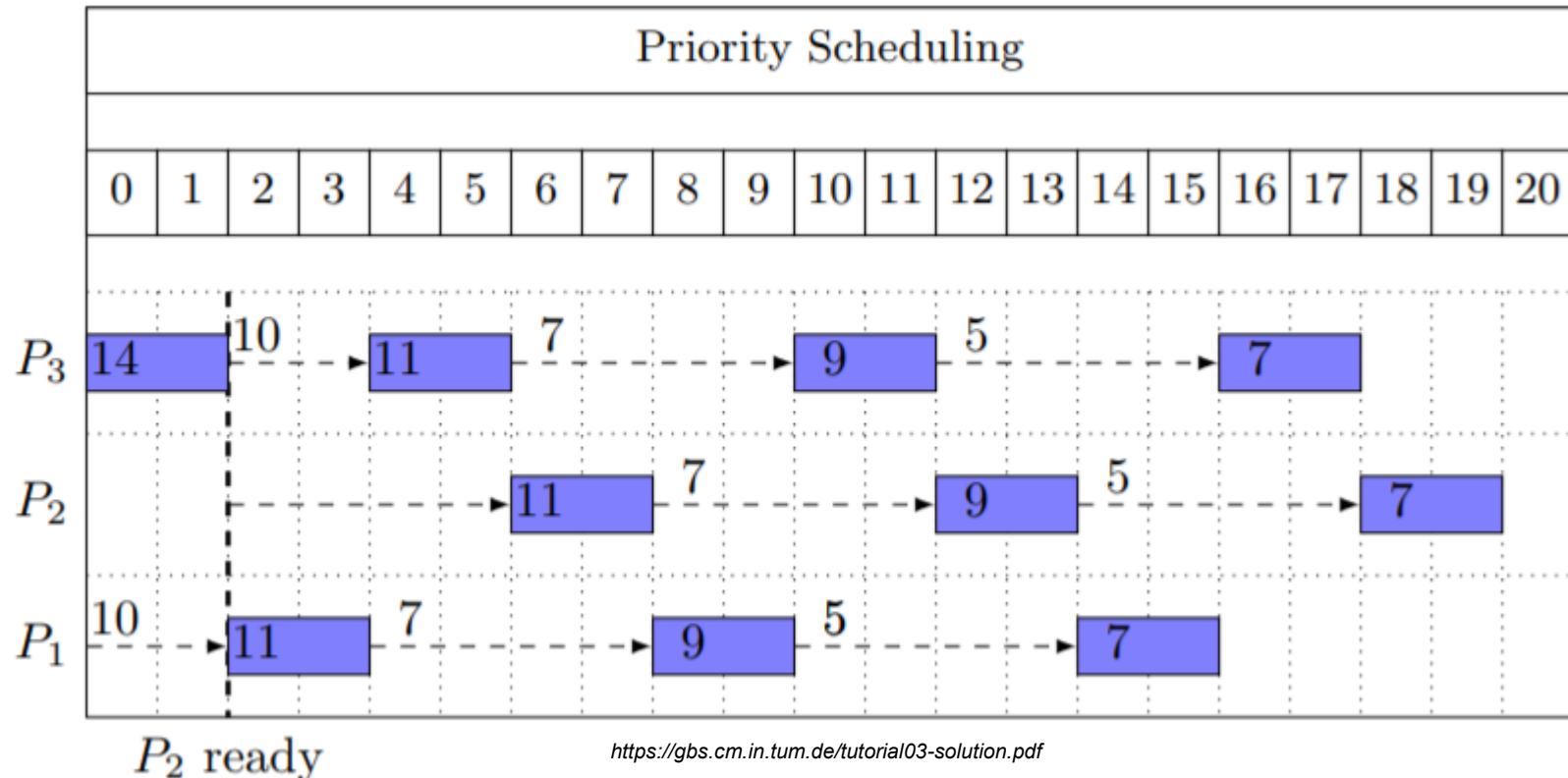
Systemanforderungen



Präemptive vs. Nicht-präemptiv



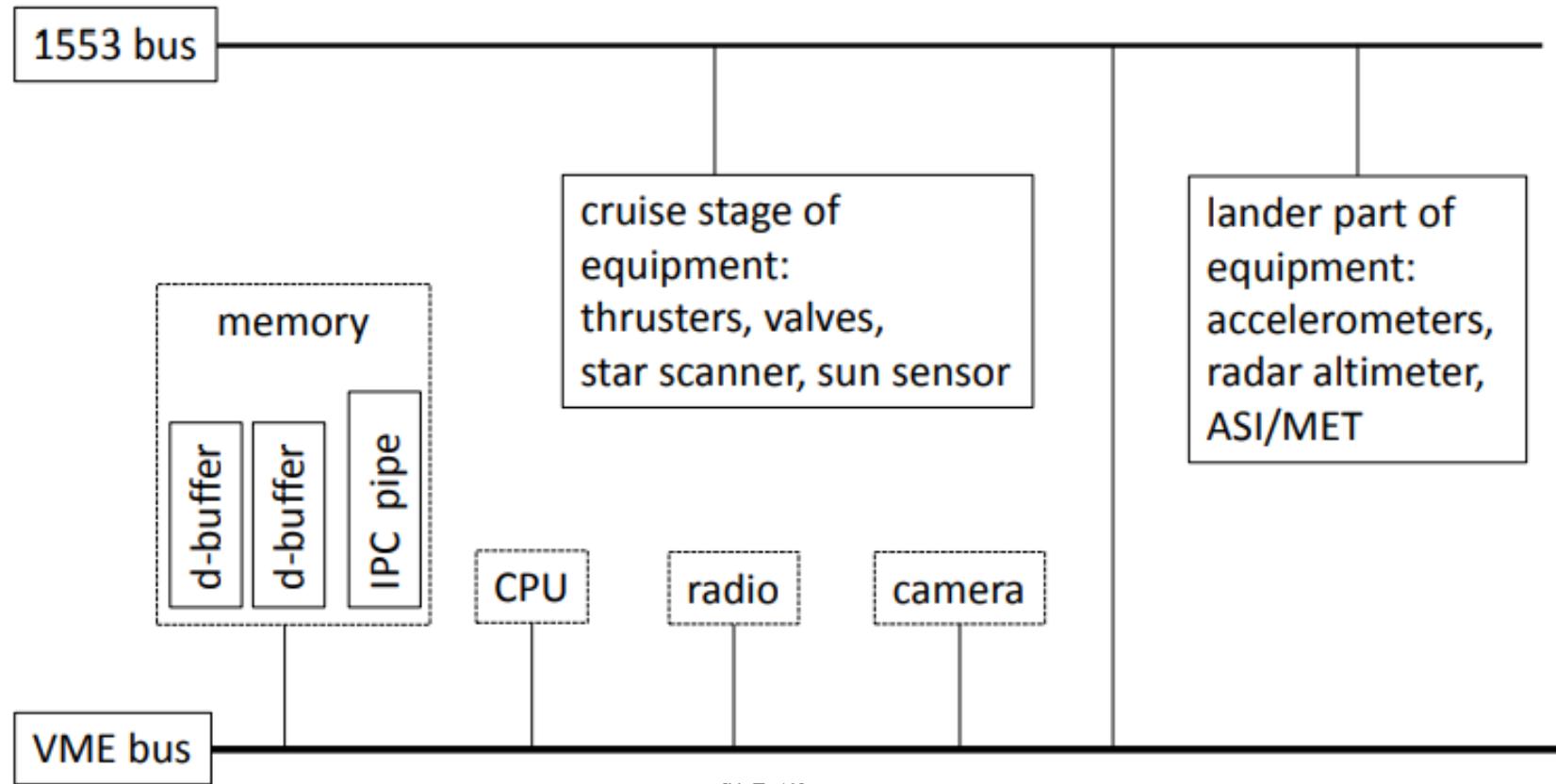
Priority Scheduling



Systemdetails

- Bus Management Prozess
- Kommunikationsprozess
- Prozess zur Sammlung von geologischen Daten
- Mutex für den Informationsbus
- Watch-Dog (Timer)

Technischer Aufbau



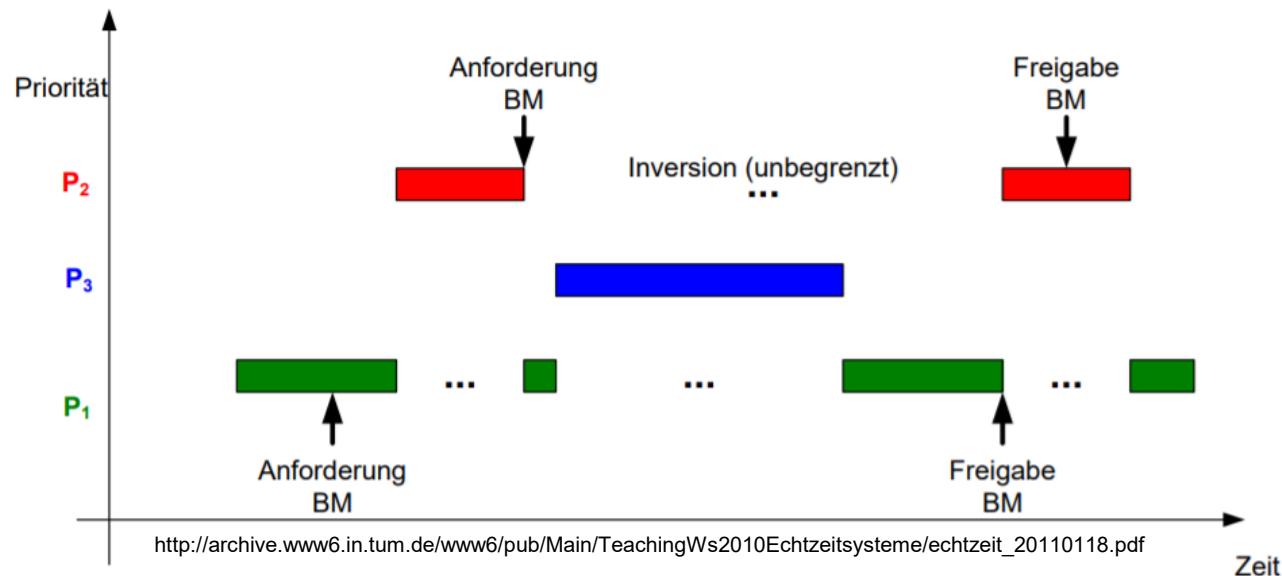
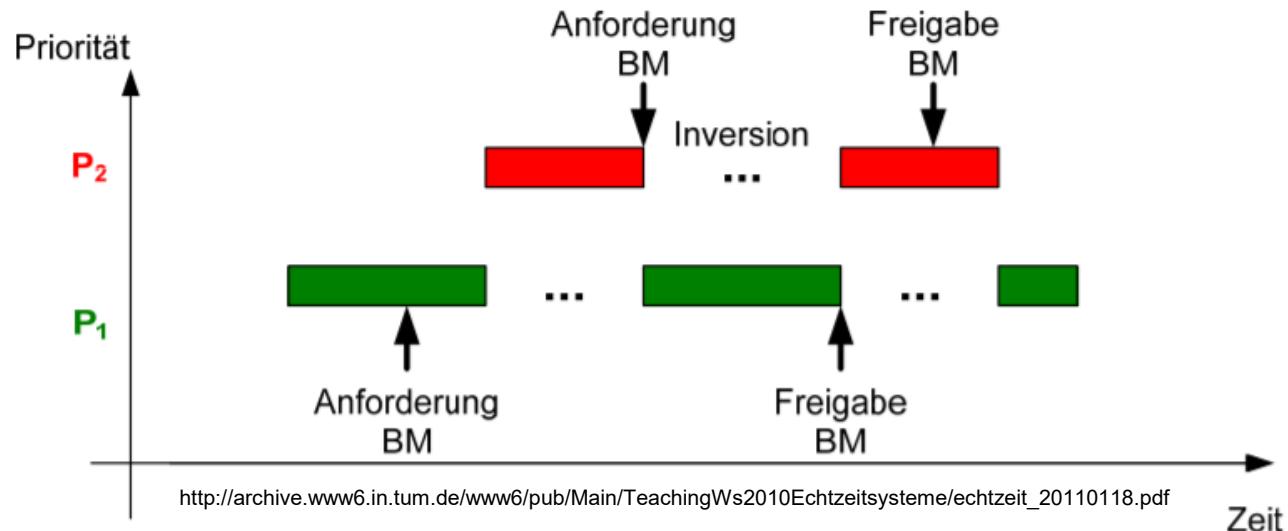
[HuT+19]

Fehlerdiagnose

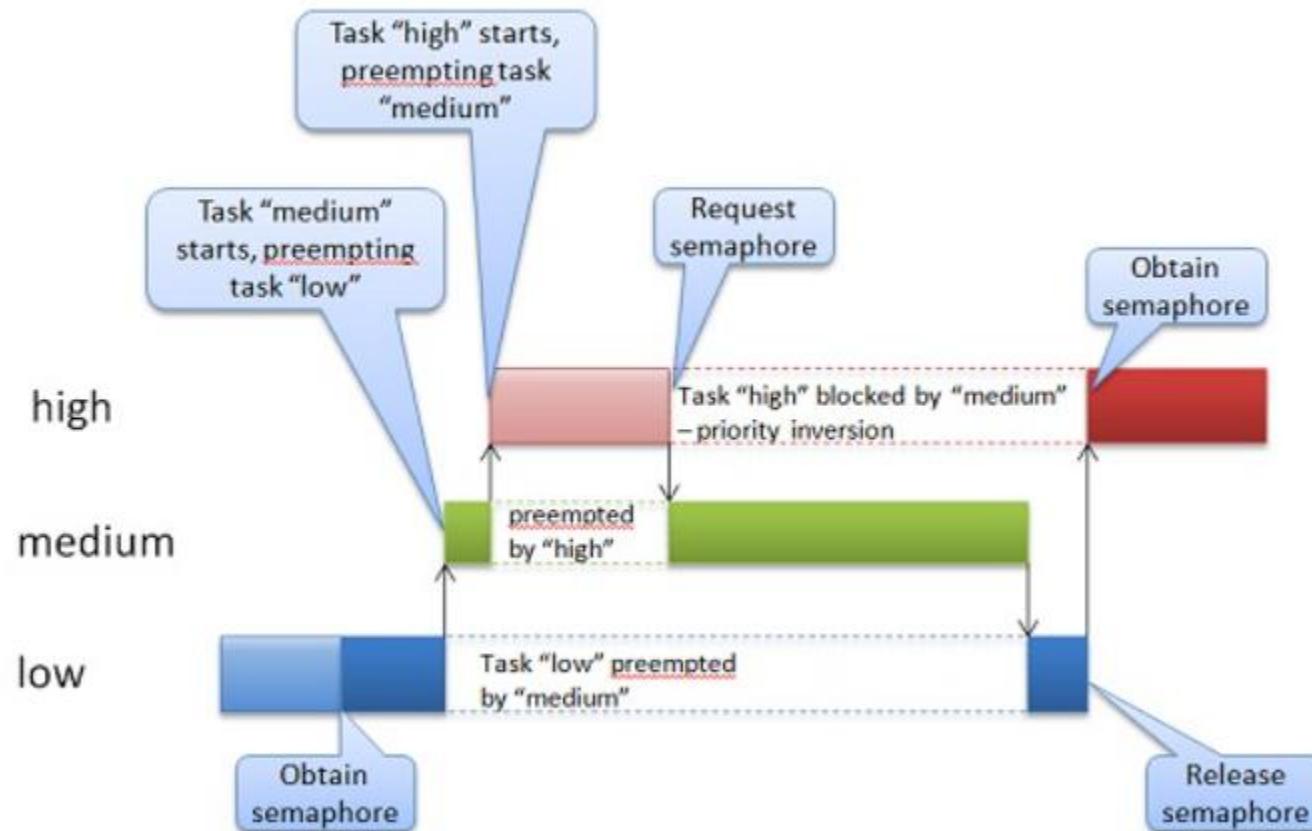
- System-Zurücksetzungen
 - Unerwartet
 - Nicht reproduzierbar
 - Zufällig
 - Durch Datensammeln und –übermitteln
- ➔ Datenverlust

Prioritätsinversion

- Definition: Das Problem der Prioritätsinversion bezeichnet Situationen, in denen ein Prozess mit niedriger Priorität einen höherpriorisierten Prozess blockiert.
- Zwei Arten der Prioritätsinversion:
 - begrenzte (bounded) Prioritätsinversion
 - unbegrenzte (unbounded) Prioritätsinversion



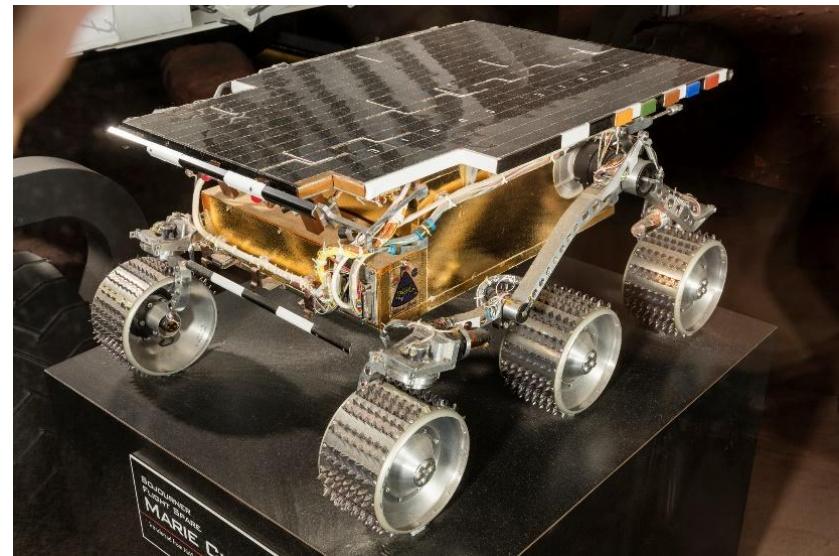
Schedulingfehler



<https://www.rapitasystems.com/blog/what-really-happened-software-mars-pathfinder-spacecraft#figure1>

Hilfestellung zur Problemlösung

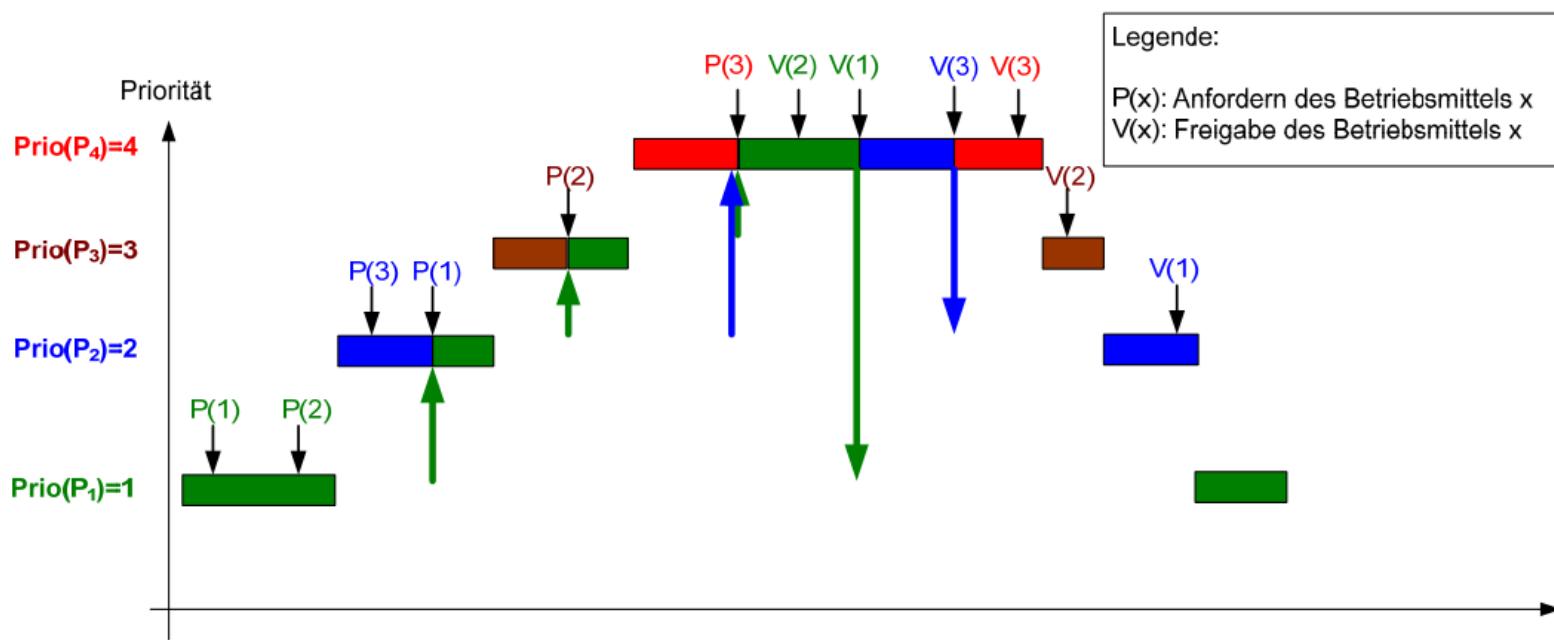
- Duplikat mit gleicher Hard- und Software
- Debug-Features
- Trace/log Funktionen
- VxWorks spezieller Analysemodus



https://airandspace.si.edu/collection-objects/rover-marie-curie-mars-pathfinder-engineering-test-vehicle/nasm_A20150317000

Prioritätsvererbung

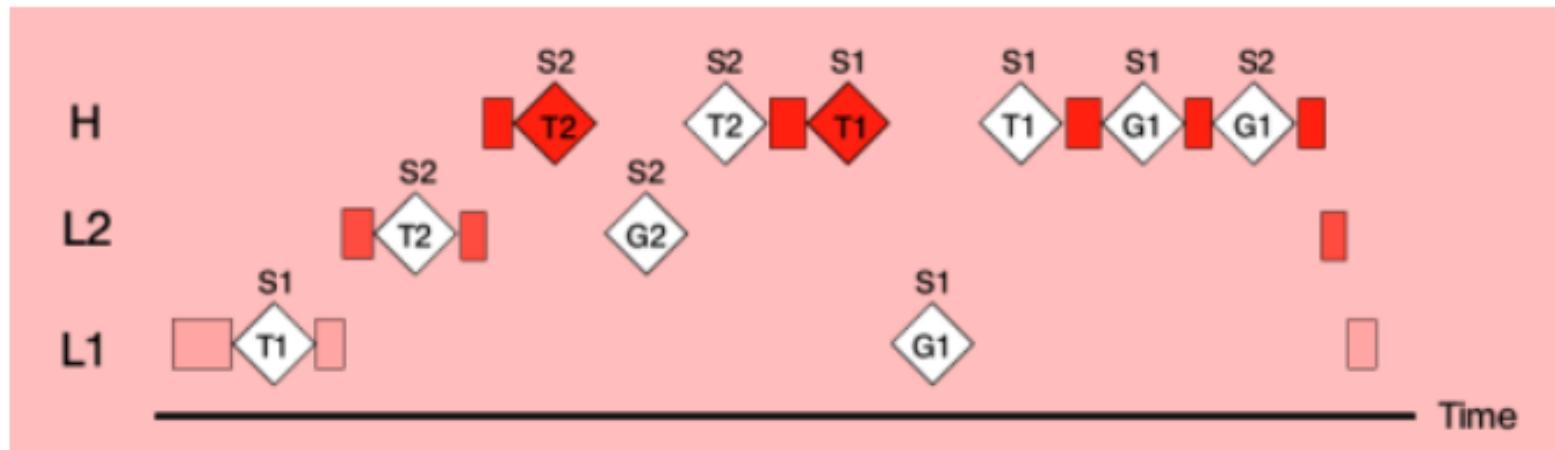
- Verhindern unbegrenzter Prioritätsinversion
- Dauer der Blockade=Dauer kritischer Abschnitt
- **Verklemmungen nicht ausgeschlossen**



Fehlerbehebung

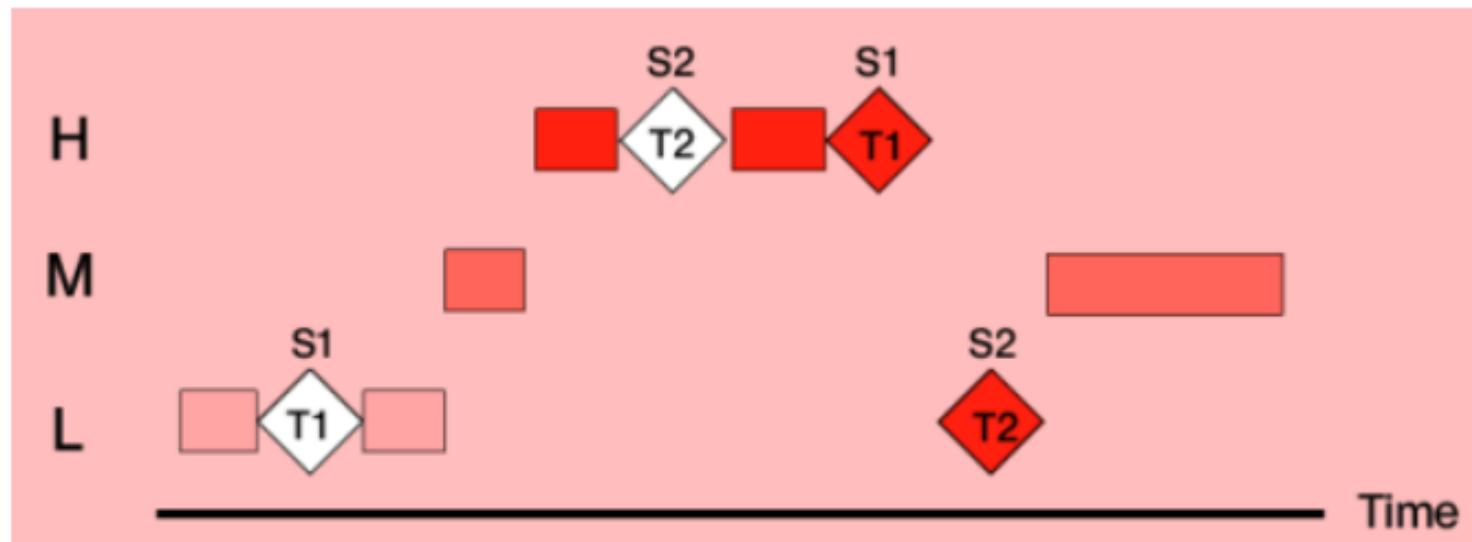
- Globale boolsche Variablen für Prioritätsvererbung
- VxWorks arbeitet mit einem C Interpreter
- Die Adressen der Variablen für den C Interpreter zugänglich
- Upload eines C Programms

Mehrere Ressourcen-Problem



https://www5.in.tum.de/lehre/seminare/semssoft/unterlagen_02/soj1/website/index.htm

Deadlock-Problem



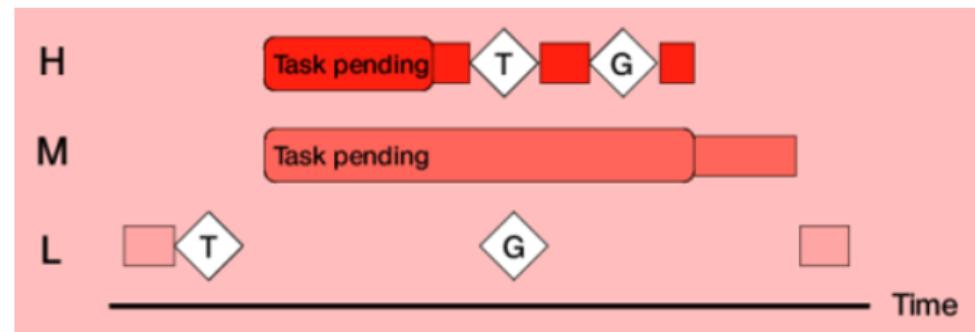
https://www5.in.tum.de/lehre/seminare/semsoft/unterlagen_02/soj1/website/index.htm

Prioritätsobergrenzen (priority ceiling)

- + Blockierung nur für die Dauer eines kritischen Abschnitts
- + Verhindert Verklemmungen
- Schwieriger zu realisieren, zusätzlicher Prozesszustand

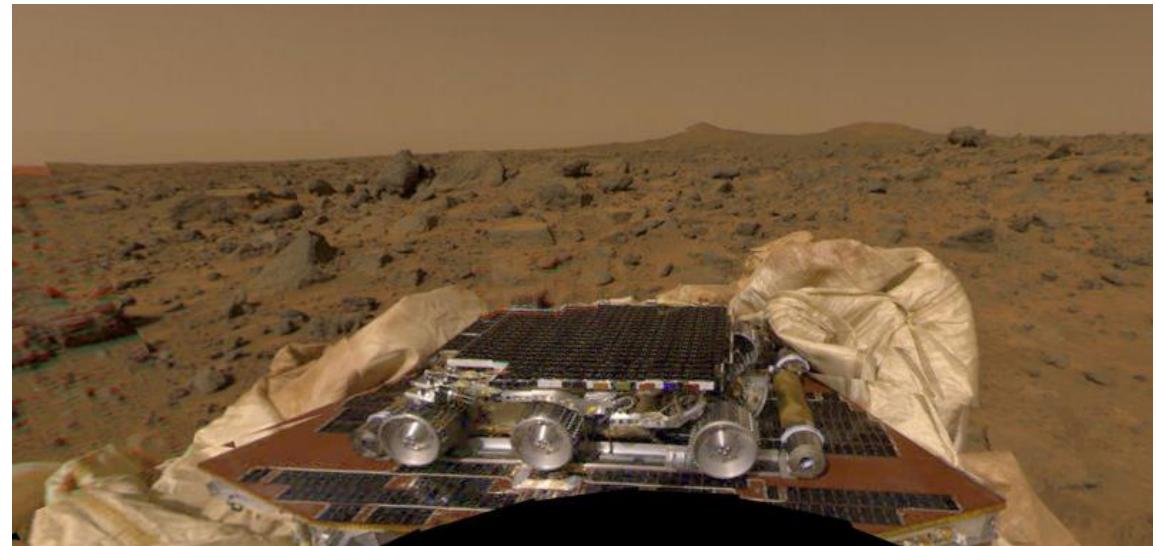
Immediate priority ceiling:

1. Prozess p belegt eine Semaphore
2. P erhält sofort die Priorität ceil(s)



Auswirkungen

- Bug trat 4 mal zwischen 5.-14. Juli 1997 auf
- Kein gravierender Datenverlust
- Zeitverzögerung

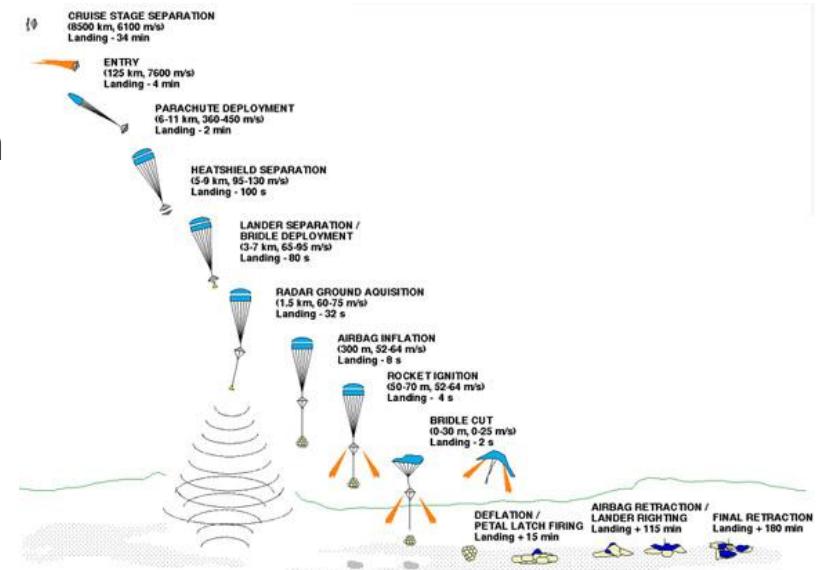


Fazit

- Nur durch detailliertes Tracen des Systems wurde Fehler gefunden
- Ohne die Debuggingfeatures hätte man das System nicht verändern können
- "the data bus task executes very frequently and is time-critical -- we shouldn't spend the extra time in it to perform priority inheritance“ – Anfängliche Analyse der Softwareentwickler

Erfolge der Mission

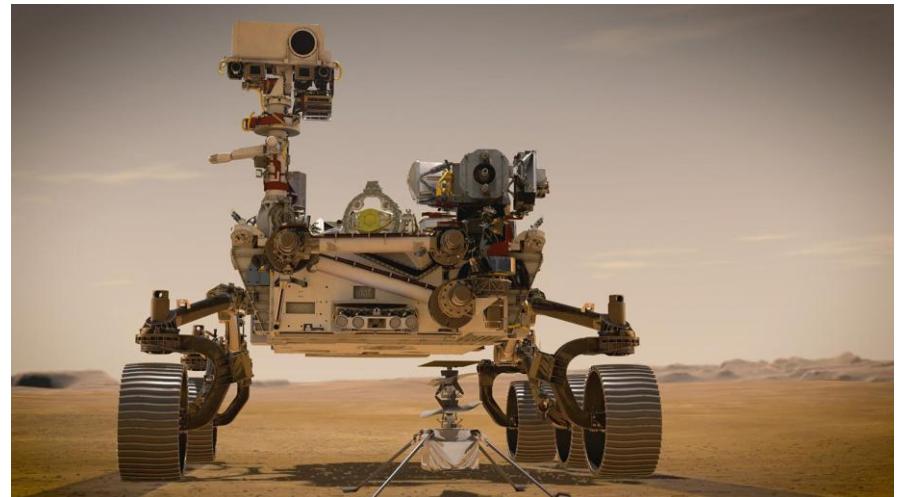
- Geplante 3 Monatsmission erfüllt
- 87 sol statt geplanten 7 sol funktionsfähig
- Schon im ersten Monat 150 mb an Daten
- Sehr gutes Preis-Leistungs-Verhältnis
- Komplexe Landung erfolgreich geglückt
- Erfahrungsgewinn für zukünftige Missionen
- 100 gefahrene Meter



https://www5.in.tum.de/lehre/seminare/semsoft/unterlagen_02/soj1/website/index.htm

Ausblick

- USA: Perseverance + Ingenuity 2020
- China: Huoxing 1 (HX-1) 2021
- Vereinigten Arabischen Emirate: Hope 2021
- Japan: Marsmond Phobos 2024



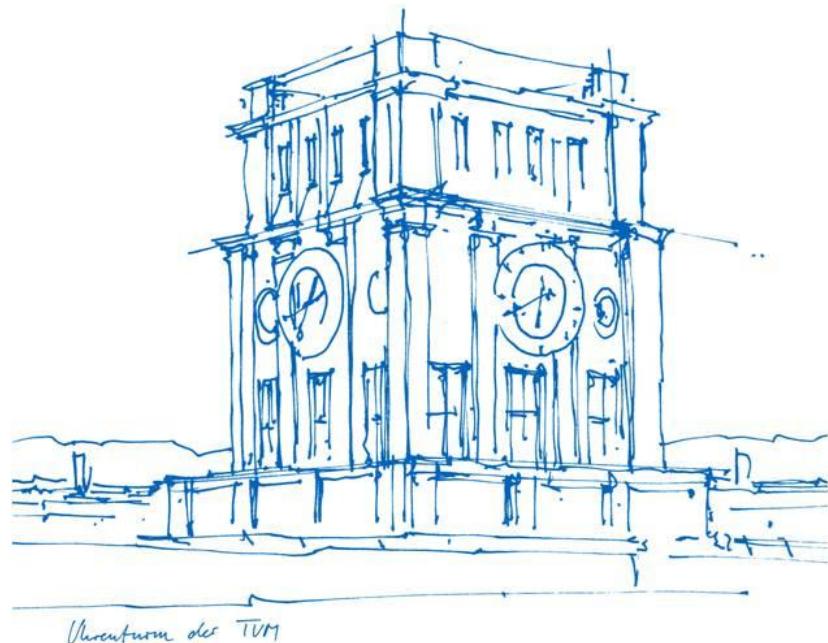
https://space.skyrocket.de/doc_sdat/tianwen-1.htm

https://www.dlr.de/content/de/artikel/news/2020/03/20200724_nasa-mission-mars-2020-sucht-nach-spuren-frueheren-lebens.html

THANK YOU!

Mars Pathfinder-Priority Inversion

Achilleas Tsakpinis
achilleast37@gmail.com



Uhrenturm der TUM

Quellen

Huckle, T., & Neckel, T. (2019). *Bits and Bugs: A Scientific and Historical Review on Software Failures in Computational Science*. Society for Industrial and Applied Mathematics, pp. 134-143

https://www5.in.tum.de/lehre/seminare/semsoft/unterlagen_02/marsjourner/website/mars/zusammen.htm

https://www5.in.tum.de/lehre/seminare/semsoft/unterlagen_02/marsjourner/website/mars/mars1e.htm

https://www5.in.tum.de/lehre/seminare/semsoft/unterlagen_02/soj1/website/index.htm

http://archive.www6.in.tum.de/www6/pub/Main/TeachingWs2010Echtzeitsysteme/echtzeit_20110118.pdf

<http://www.cs.cornell.edu/courses/cs614/1999sp/papers/pathfinder.html>

<http://catless.ncl.ac.uk/Risks/19.54.html#subj6.1>

https://www.wirtschaftsinformatik-muenchen.de/wp-content/uploads/Peter%20Mandl/Lehrveranstaltungen/WiSe%202013-14/Wirtschaftsinformatik/05_CPU_Scheduling - Grundkonzepte.pdf

<https://gbs.cm.in.tum.de/tutorial03-solution.pdf>