esa

CHEOPS

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE

Die zweite Erde im Visier

Roland Ottensamer, Philipp Löschl

Lange Nacht der Forschung, 22. April 2016

institut für astrophysik
UNIVERSITÄTSSTERNWARTE WIEN

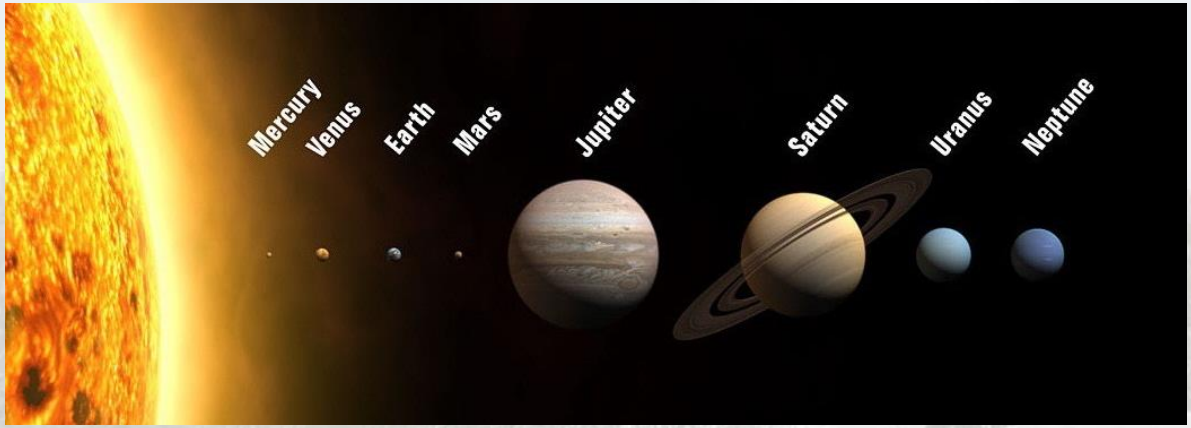
Ist unsere Erde einzigartig?

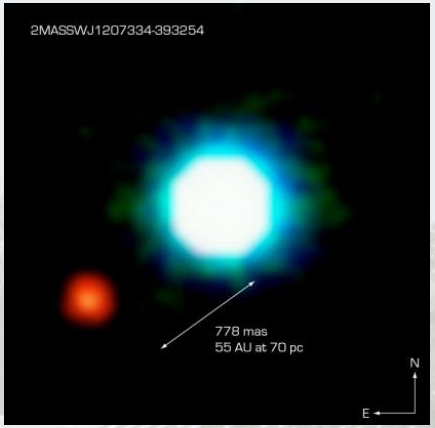
Wir sind wahrscheinlich die erste Generation, die diese Frage beantworten kann!

Exoplaneten

Bis 1995 kannten wir nur 9 Planeten

Heute: 2000 bestätigte Exoplaneten + 4700 Kandidaten



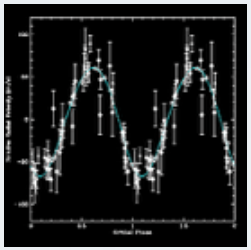


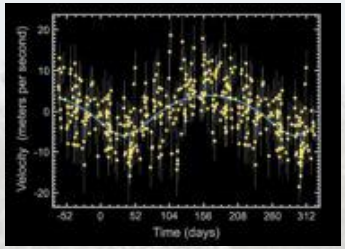
2M1207b

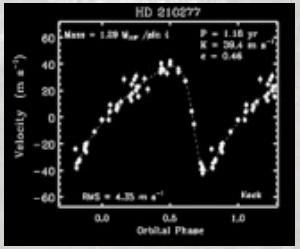
Die wichtigsten Nachweismethoden

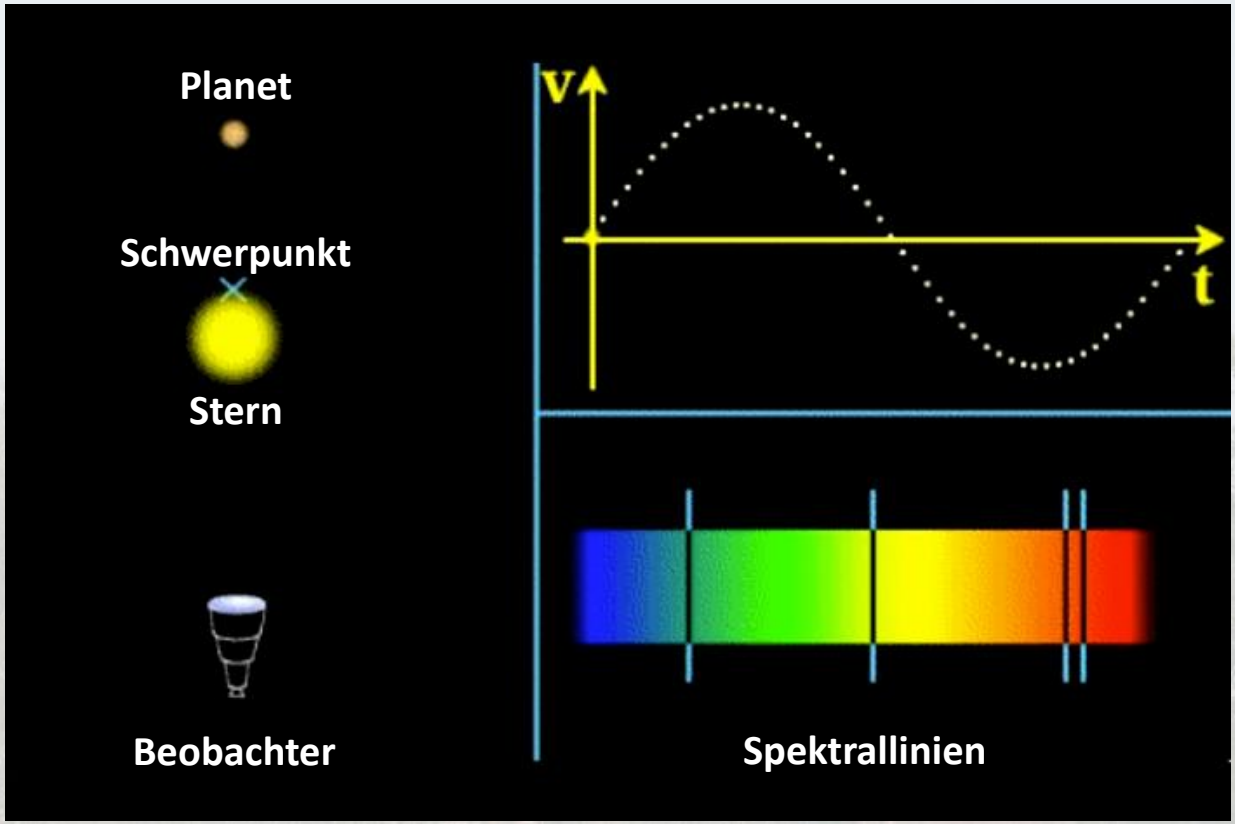
- Abbildung
- Transitmethode
- Doppler-Effekt
- Astrometrie

Radialgeschwindigkeits-Methode (Doppler-Effekt)







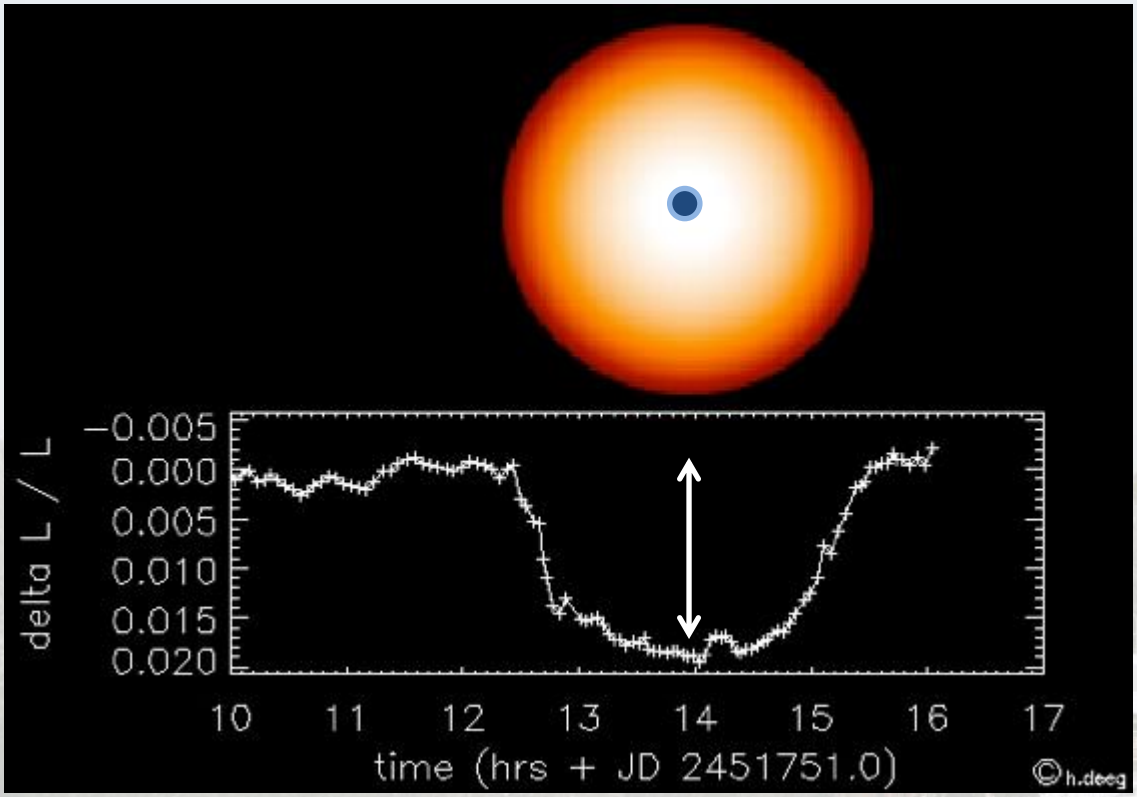


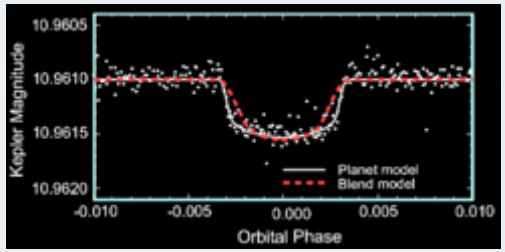
Amplitude ist proportional zur Masse

- 600 Planeten wurden so bereits gemessen
- Jupiter: 12 m/s Erde: 9 cm/s

institut für astrophysik
UNIVERSITÄTSSTERNWARTE WIEN

Transits – kleine Finsternisse





Abschwächung ist proportional zum Radius

- 1800 Planeten gemessen, noch 4700 unbestätigte
- Helligkeitsänderung Jupiter: 1% Erde: 0.01%

Kombination der Methoden

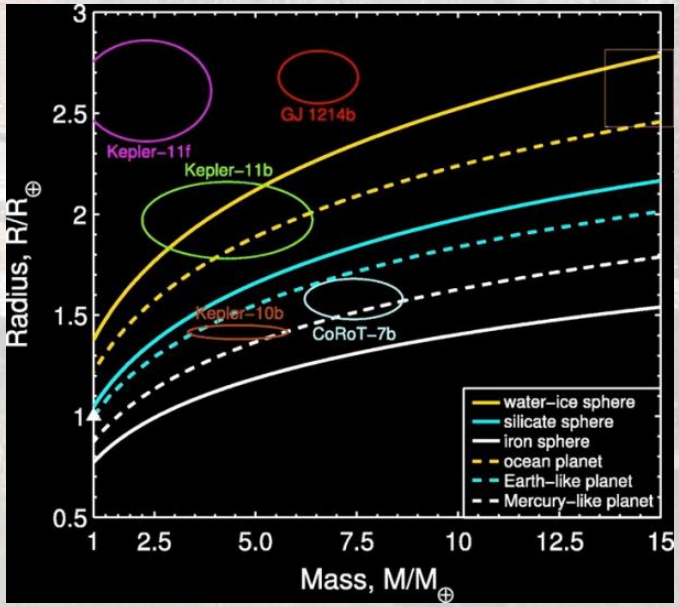
RV-Methode
- Masse

Transits
- Radius

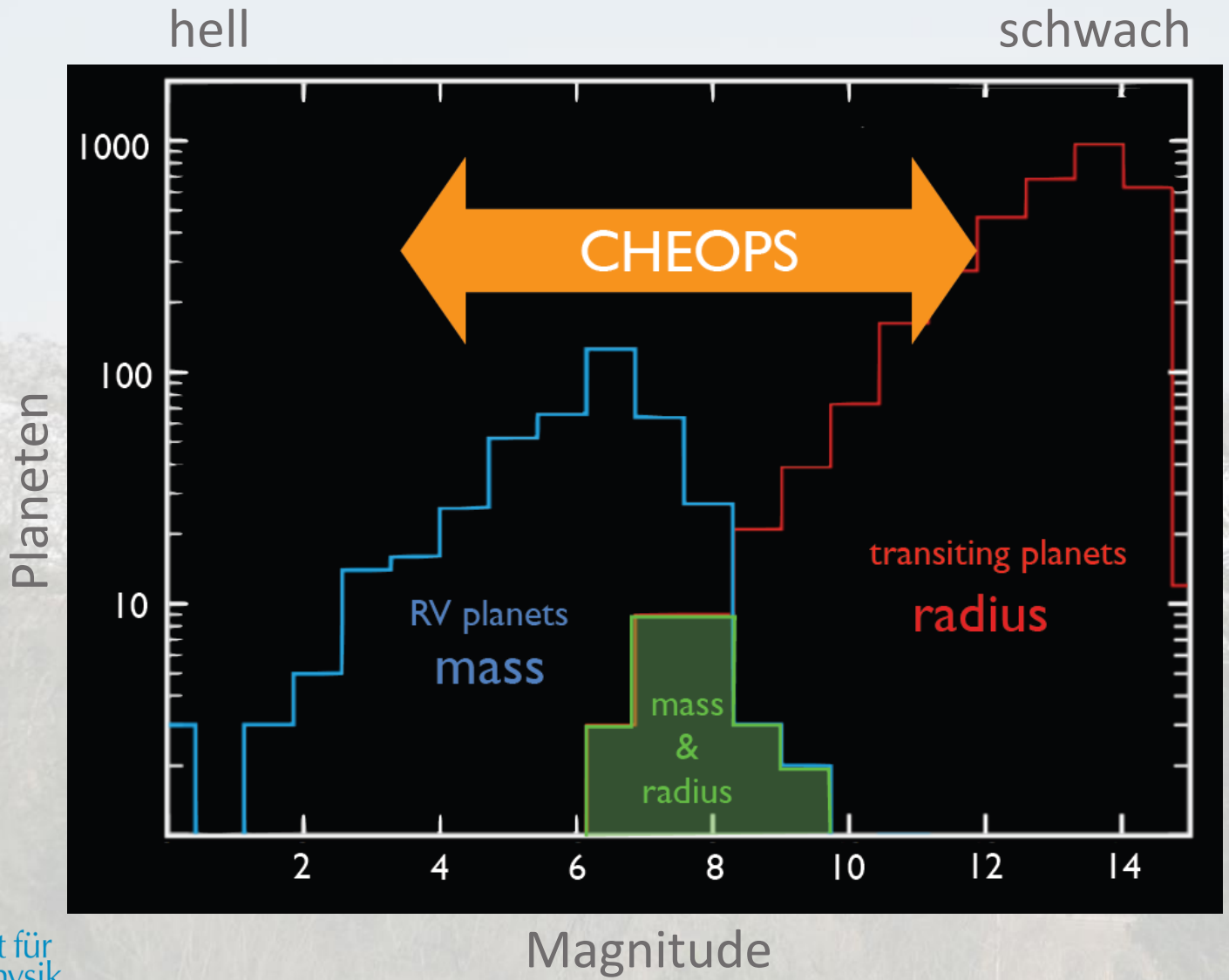
- Dichte
- Struktur

Beziehung zwischen Masse und Radius

- wichtig für Aufbau bzw. Struktur “fester” Planeten

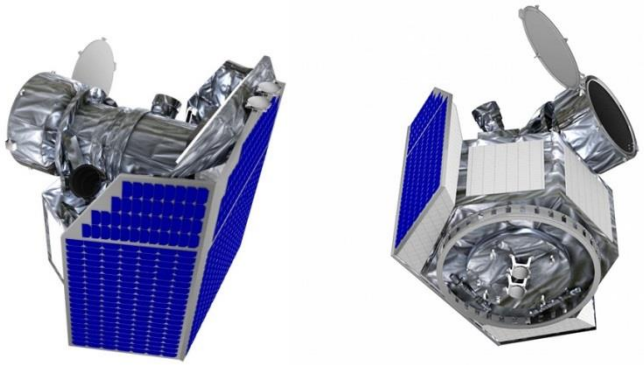


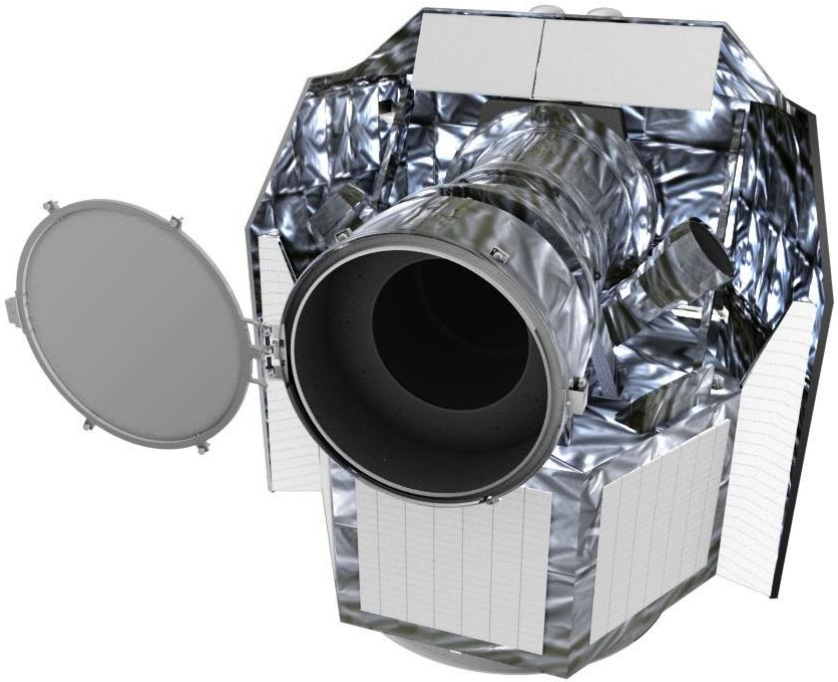
Schlüsselziel: Helle Sterne



CHEOPS

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE





Ultra-Hochgenaue Photometrie

- Beobachtung einzelner Sterne
- bis zu 48 Stunden am Stück

Herausforderungen

- Stabilität der Messung
- Streulicht von der Erde

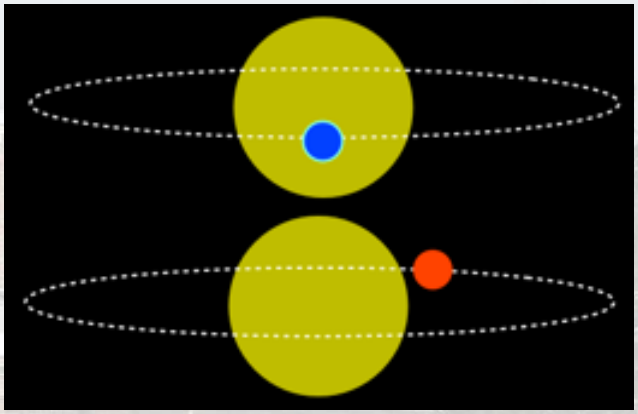
Wissenschaftliche Ziele

Radiusbestimmung mit 10% Genauigkeit

- um damit Dichte zu bestimmen

Dies ermöglicht:

- Klassifikation von Exoplaneten
- Vorhandensein einer Atmosphäre
- Eigenschaften von Gasriesen



Unterschied Tag/Nachtseite

Besonderheit der Mission

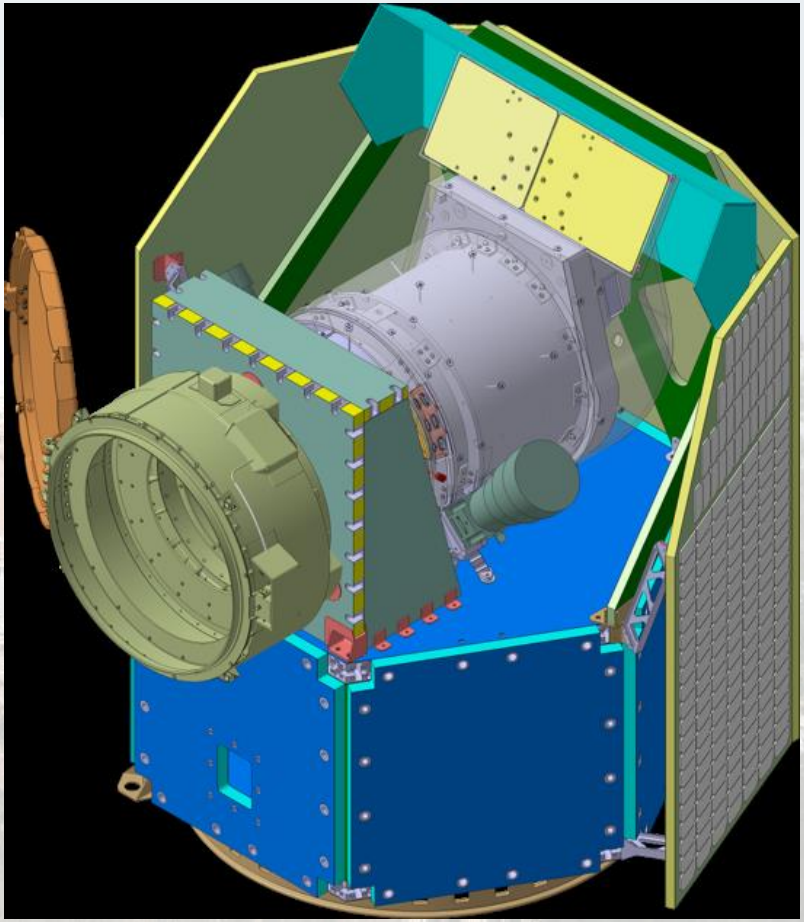
- Es werden nur bekannte Ziele untersucht

CHEOPS – Spacecraft

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE

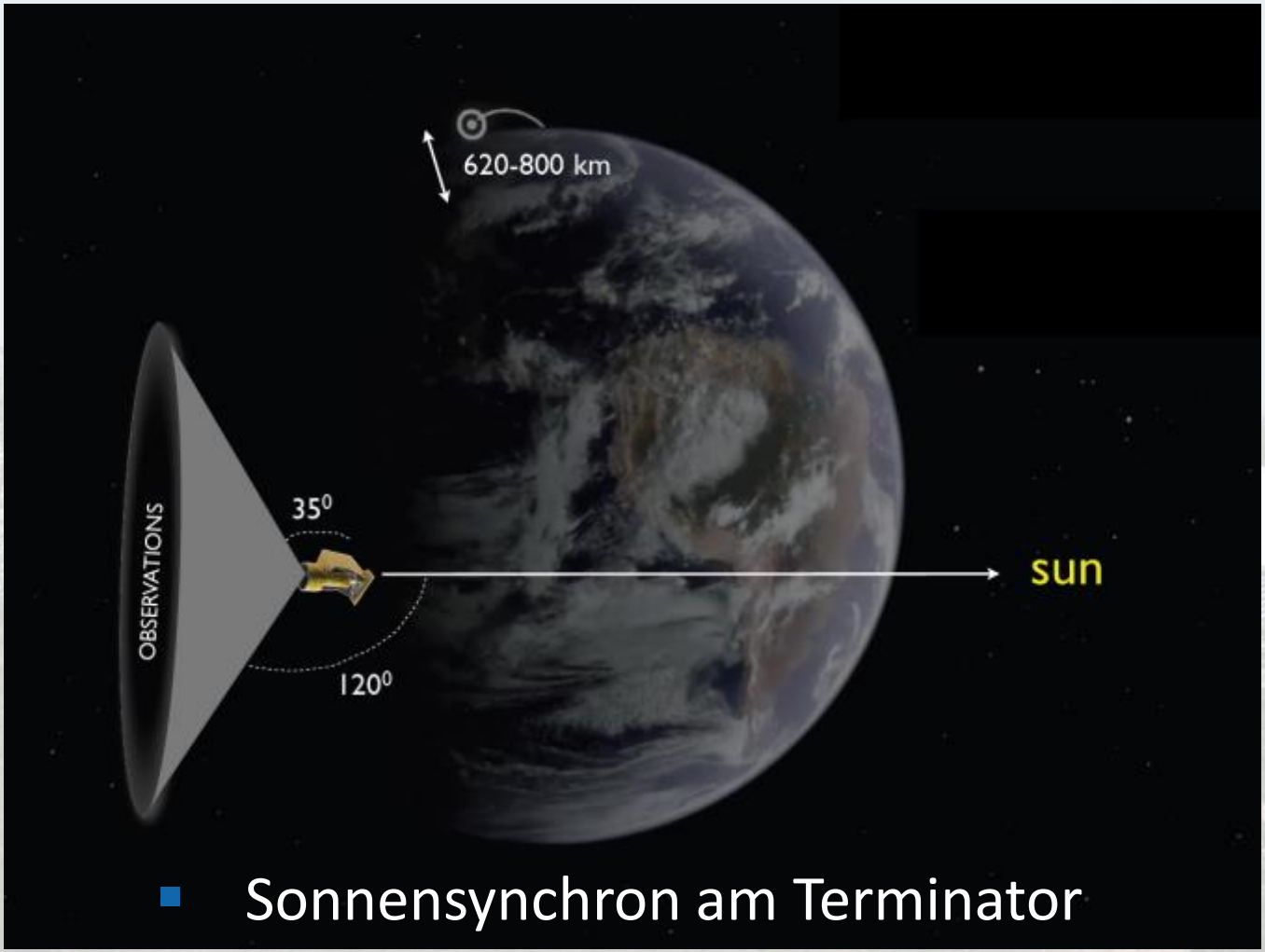
Plattform von AIRBUS DEFENCE & SPACE

- von ESA beigetragen
- ca. 1.5 x 1.4 x 1.5 m
- incl. Instrument < 280 kg
- Lageregelung auf 8” stabil
- 60 W für Nutzlast
- S-Band Komm. 1.2 Gbit/Tag



CHEOPS – Orbit

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE

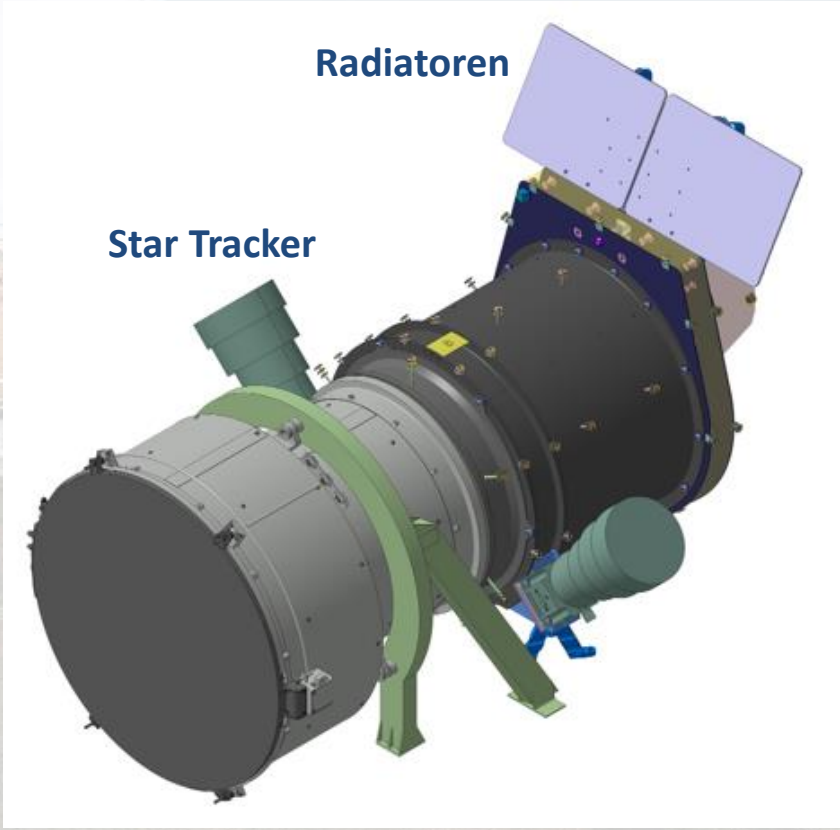


- Sonnensynchron am Terminator

CHEOPS – Instrument

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE

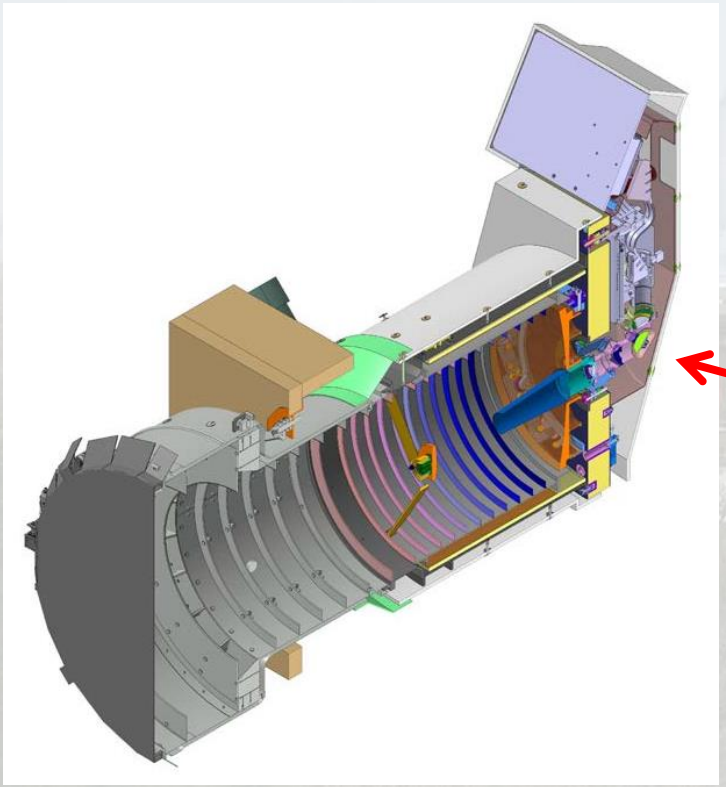
- Europ. Konsortium von Bern geleitet
- Teleskop D=32 cm, f=2.7m
- 60 kg
- 400-1100 nm Wellenlänge
- CCD 1024x1024 pixel
- 1”/pixel
- LEON3-basierte Computer

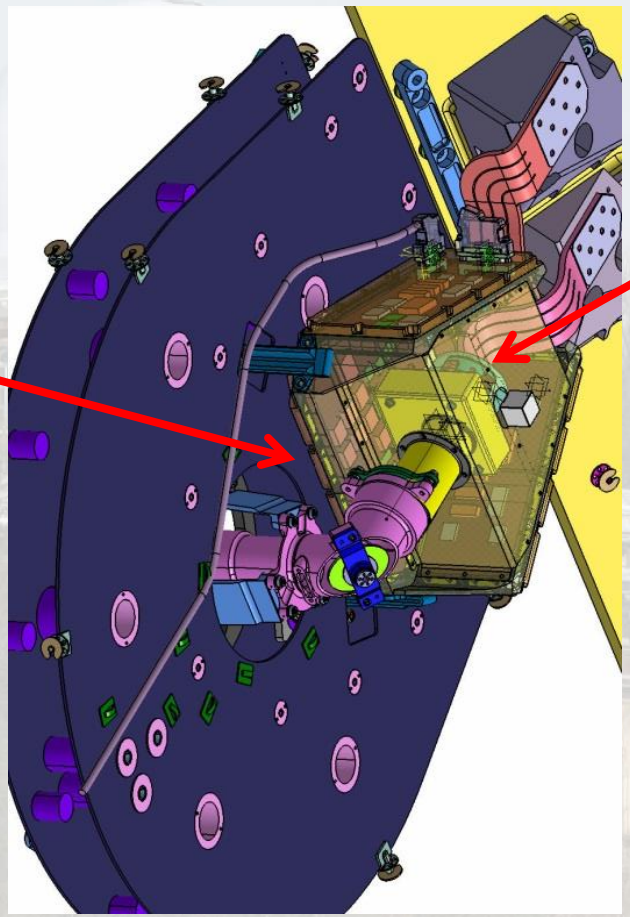


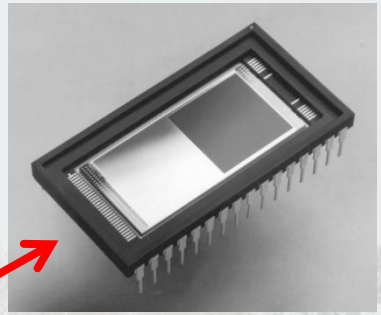
CHEOPS – Kamera

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE

- CCD auf -40°C passiv gekühlt



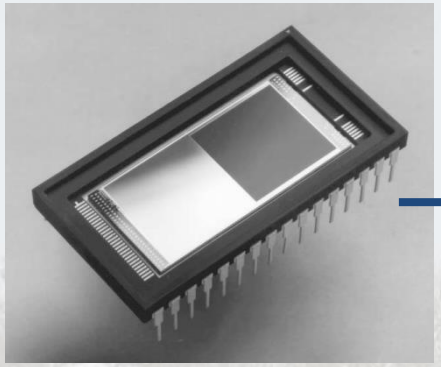




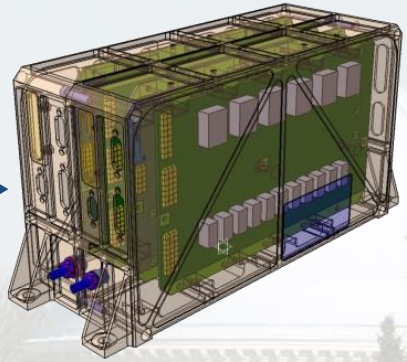
CHEOPS – Elektronik

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE

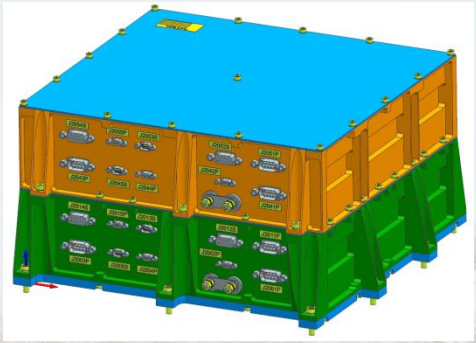
CCD

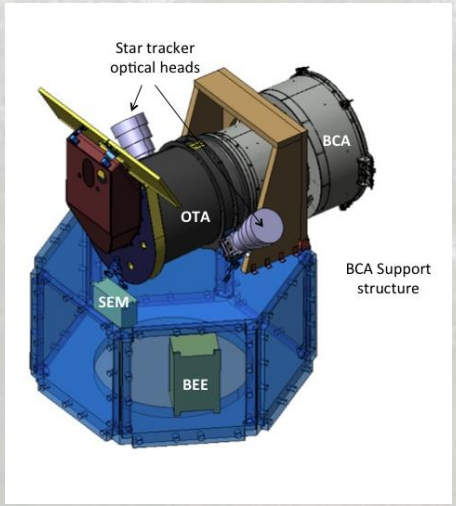


SEM



BEE



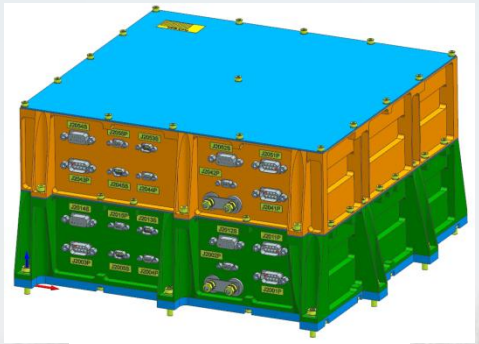


Datenverarbeitung

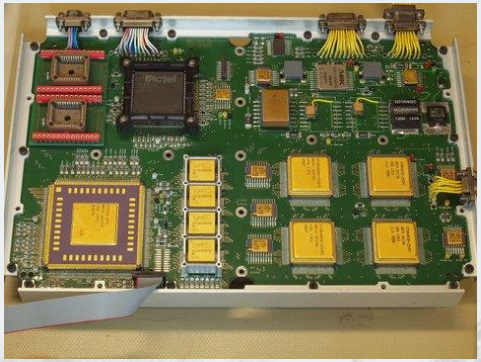
- Ausleseelektronik beim CCD
- Vorverarbeitung im “SEM”
- Prozessierung im Instr. Computer “BEE”
- S/C: Speichern und Senden

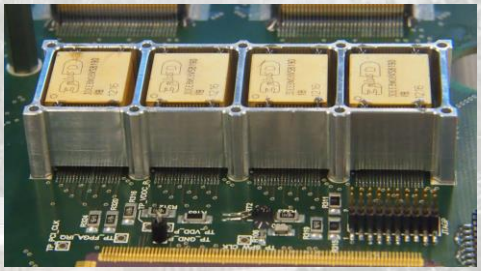
CHEOPS – Computer

CHEOPS
CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE



Together ahead. RUAG





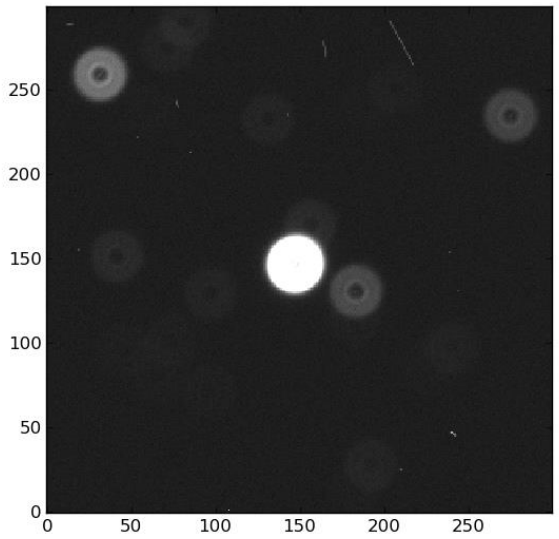
BEE = Back End Electronics

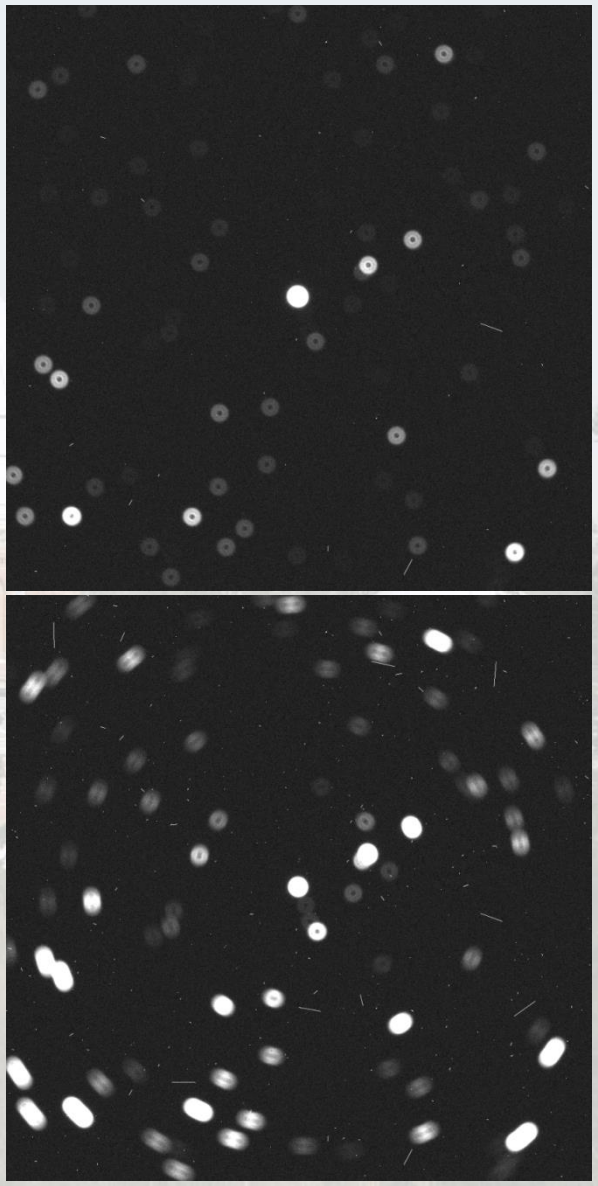
- Steuerung des Instruments
- Datenverarbeitung incl. Kompression
- Statusüberwachung
- Positionsmessung
- Autonome Fehlerbehandlung

```
ngapp_fmul:
        ;; 1:
        A0 XOR RA6, RB6                 ; [sign a]: sign = sgn(sa) ^ sgn(sb)
        A1 ORC 0,0xFF000000             ; make 0x00FFFFFF
        S0 SRU RA6, 23                  ; [exponent a]: shift
        S1 SRU RB6, 23                  ; [exponent b]: shift
        P0 OR 0, 0x00800000             ; [mant b]: const 0x800000

        ;; 2:
        A0 AND S0X, 0xFF                ; [exponent a]: &0xFF
        A1 AND S1X, 0xFF                ; [exponent b]: &0xFF
        S0 AND A0X, 0x80000000          ; [sign c]
        S1 SUB P0X, 1                   ; make c7FFFFF
        C0 OR RA6, c800000              ; attach 1 in front to mant a
        P0 OR RB6, c800000              ; attach 1 in front to mant b
        c800000 = P0X
        cFFFFFF = A1X

        ;; 3:
        A0 AND C0X, cFFFFFF             ; mantissa a ready
        A1 AND P0X, cFFFFFF             ; mantissa b ready
        S0 ADD A0X, A1X                 ; [exponent] = ea + eb ...
        C0 LINK                         ; Get the return address...
        S1 DR 0, 0                      ; prepare return value 0
        P0 SUB c7FFFFF, 0x00400000      ; create c3FFFFF from c7FFFFF
        c7FFFFF = S1X
        expa = A0X
        expb = A1X
        sign = S0X

        ;; 4:
        P0 SUB S0X, bias                ; exponent is ready
        M0 MUL A0X, A1X                 ; do the 64 bit multiplication, LATENCY 2
        A0 OR 0, 0x00400000             ; const 0x400000
        RA6 = S1X                       ; return value = 0
        c3FFFFF = P0X
        return = C0X                    ; save return address

        ;; 5:
        P0X==0 C0 BRA return            ; if exp==0 return 0
        S0 SL P0X, 23                   ; shift exponent into position
        c400000 = A0X

                                        ; 24 bit rest for 48 bit result
                                        ; 23 bit rest for 47 bit result
                                        ; prepare leading part for 48 bit mant
                                        ; prepare leading part for 47 bit mant
                                        ; do we have a 48 bit result or 47?
                                        ; add sign to shifted exponent
```

institut für astrophysik
UNIVERSITÄTSSTERNWARTE WIEN

So werden die Bilder aussehen





Sind absichtlich unscharf!

- Stern auf 1000 Pixel verteilt, um Störeffekte einzelner Pixel gering zu halten
- Belichtungszeiten 0.1s – 60s

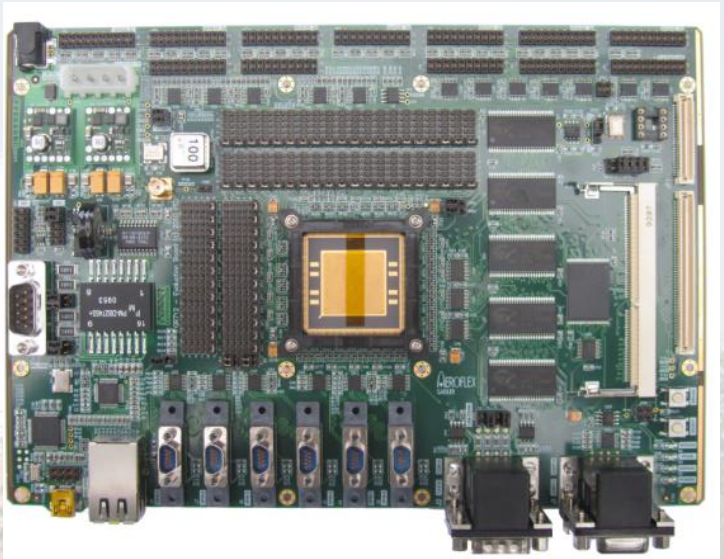
SW-Entwicklung

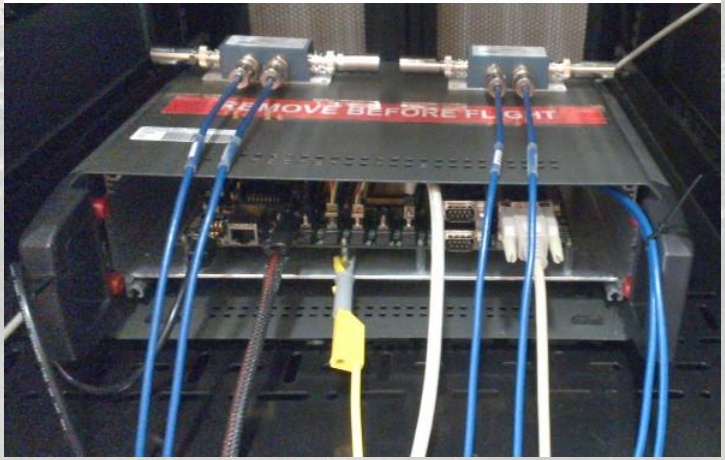
Spezielle Prozessoren

- Strahlungsresistent
- 25 MHz !!!

Spezielle Schnittstellen

- SpaceWire: 10 Mbit/s
- MIL-1553: 131 kbit/s





CHEOPS – kurz & bündig

CHARACTERISING EXOPLANET SATELLITE

- Die erste ESA-S(mall)-Klasse Mission, Start 2018
- Die erste Mission zur Charakterisierung von Exoplaneten
- Die erste Exoplanet Follow-Up Mission im Weltraum

Österreichische Beiträge von kritischen Komponenten:

- Bordcomputer und On-Board Datenverarbeitung

Budget und Zeitrahmen sind extrem herausfordernd!

Daumen halten!