Manned Spaceflight Operations

- Planning, Logistics and Communications -

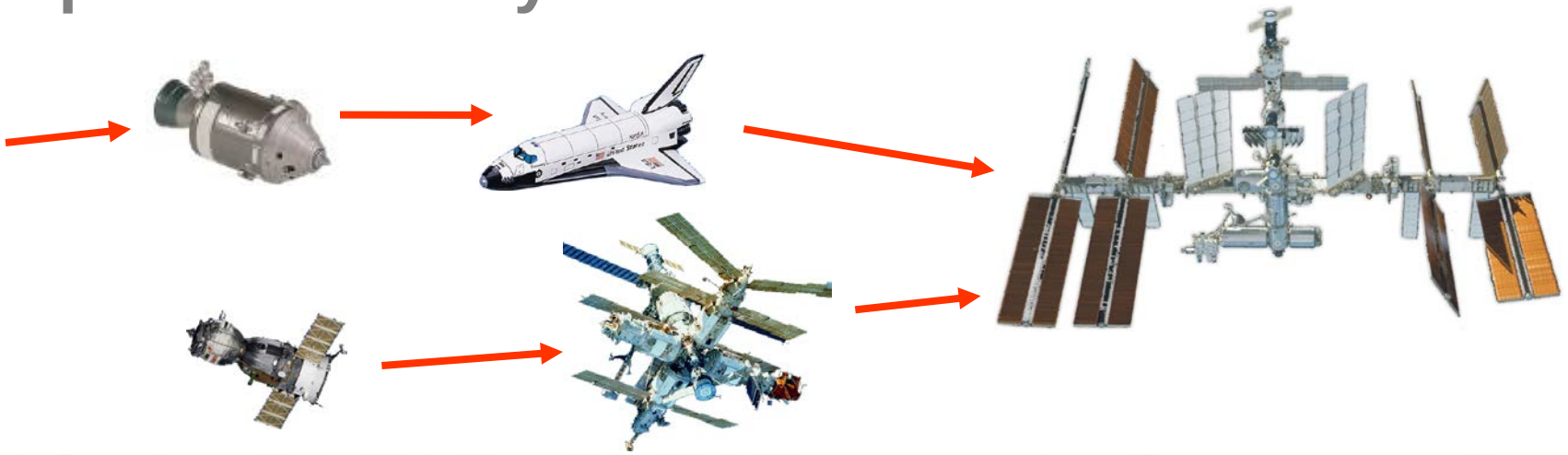
Dieter Sabath, Gerd Söllner, Marius Bach

German Space Operations Center (GSOC)
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Oberpfaffenhofen

„Vorwort“

„*Das*“ Konzept für Operations gibt es nicht. Aber einige grundlegende Überlegungen kann man verallgemeinern.

Die ISS vereint die Ops-Erfahrung mehrerer Raumfahrtprogramme, deswegen wird ihr Ops-Konzept als Modellsystem hier diskutiert



Agenda

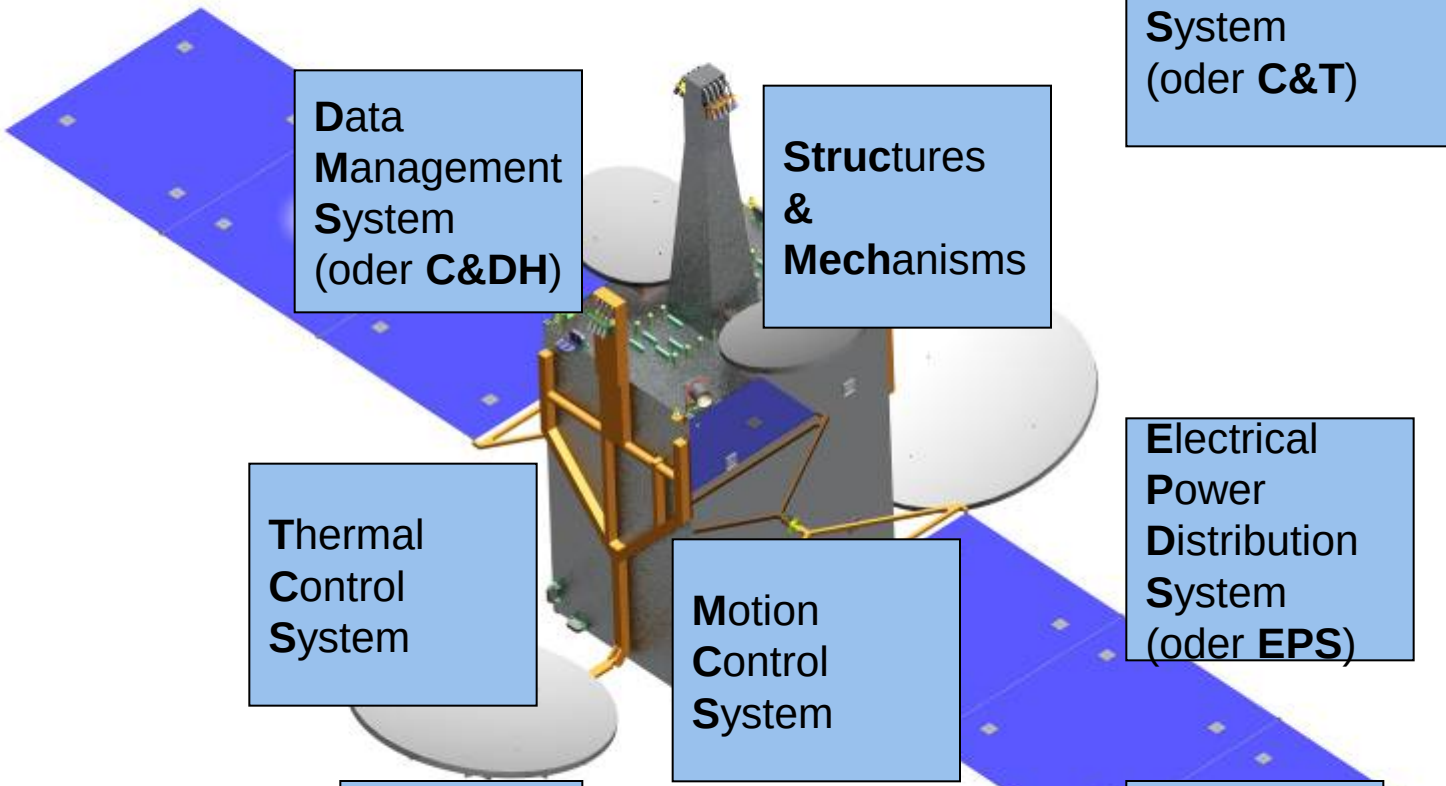
A repetition? - The Subsystems

The Flight Control Team

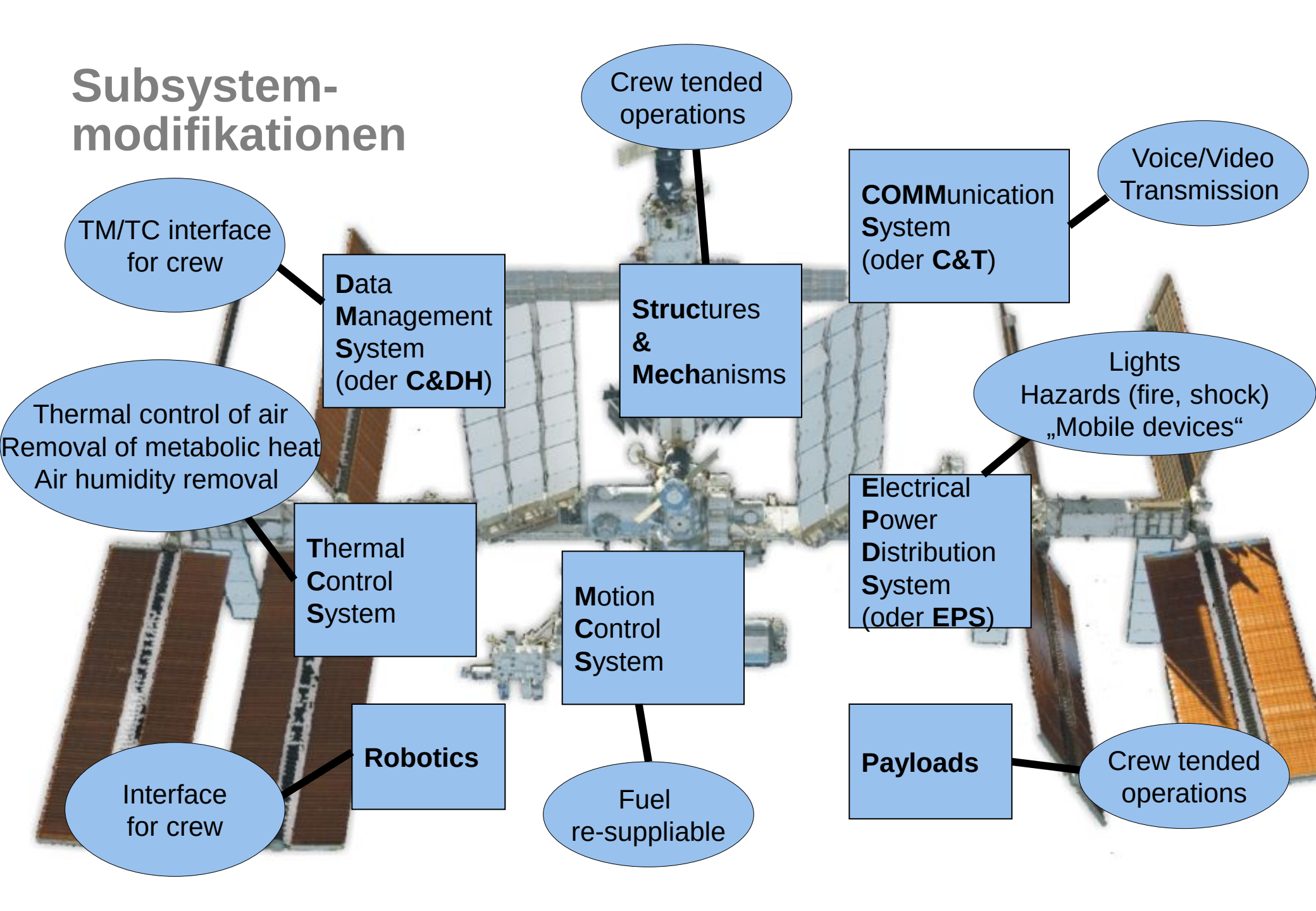
How to conduct Operations

The Crew and Mission Control

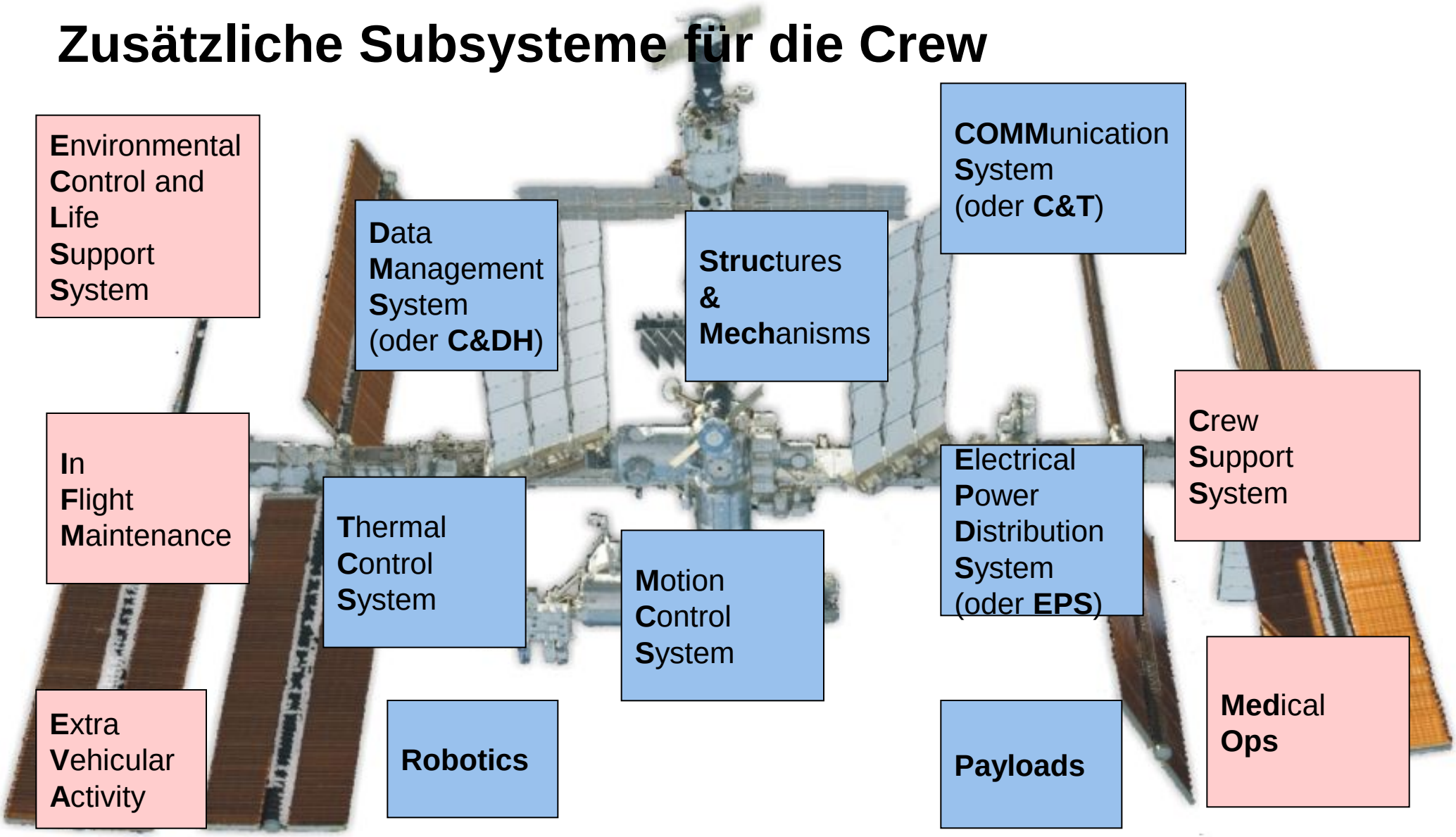
Subsysteme…


COMMunication
System
(oder **C&T**)
Data
Management
System
(oder **C&DH**)
Structures
&
Mechanisms
Electrical
Power
Distribution
System
(oder **EPS**)
Thermal
Control
System
Motion
Control
System
Robotics
Payloads

Subsystem-modifikationen



Zusätzliche Subsysteme für die Crew



Environmental **C**ontrol and **L**ife **S**upport **S**ystem

Data **M**anagement **S**ystem (oder **C&DH**)

Structures **&** **Mech**anisms

COMMunication **S**ystem (oder **C&T**)

In **F**light **M**aintenance

Thermal **C**ontrol **S**ystem

Motion **C**ontrol **S**ystem

Electrical **P**ower **D**istribution **S**ystem (oder **EPS**)

Crew **S**upport **S**ystem

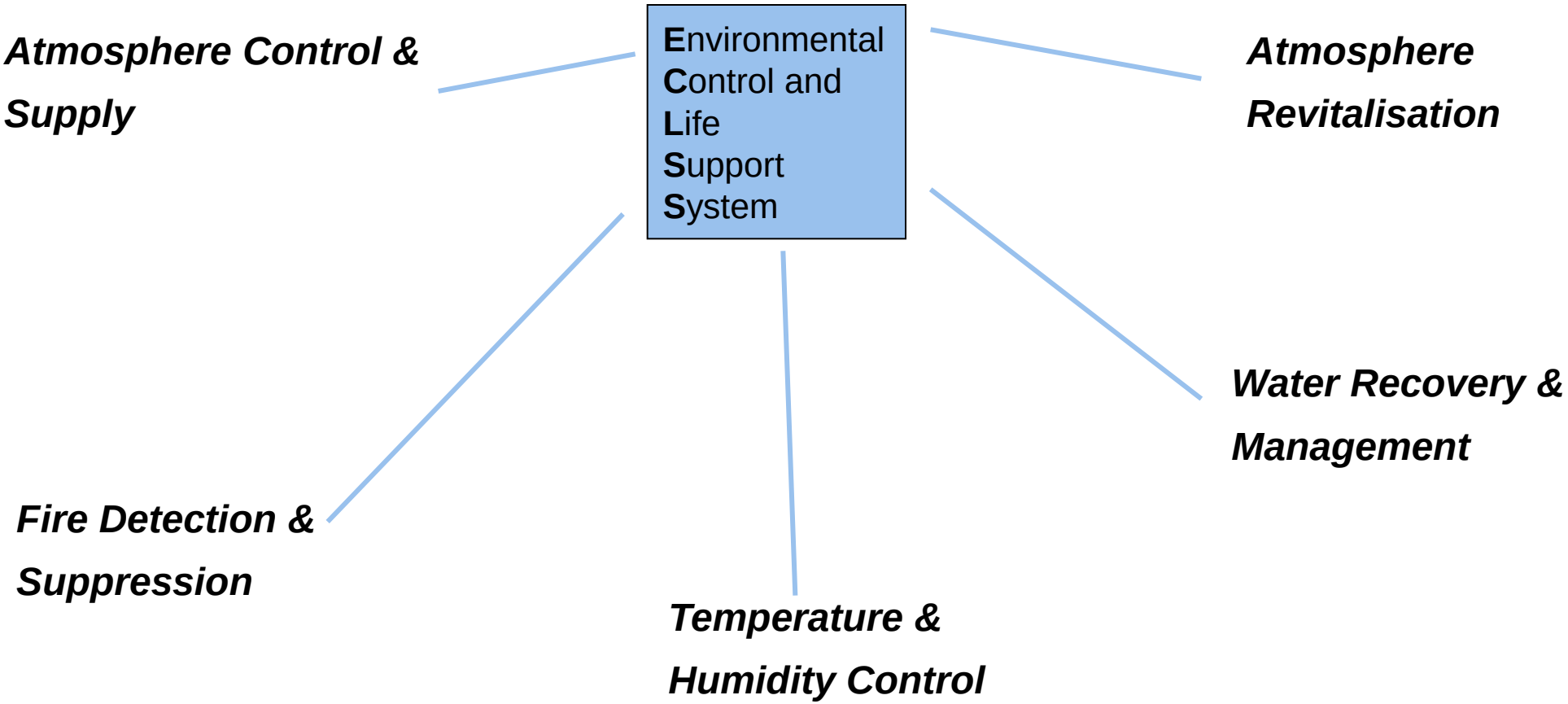
Extra **V**ehicular **A**ctivity

Robotics

Payloads

Medical **Ops**

ECLSS provides a habitable environment



Agenda

A repetition? - The Subsystems

The Flight Control Team

How to conduct Operations

The Crew and Mission Control

Die Subsysteme spiegeln sich im Flight Control Team wieder…

Environmental **C**ontrol and **L**ife **S**upport **S**ystem

Data **M**anagement **S**ystem (oder **C&DH**)

Structures **&** **Mech**anisms

COMMunication **S**ystem (oder **C&T**)

Details **rdnun**g **von der Ausrichtung des jeweiligen Flight Control Teams ab**

In **F**light **M**aintenance

Thermal **C**ontrol **S**ystem

Motion **C**ontrol **S**ystem

Electrical **P**ower **D**istribution **S**ystem (oder **EPS**)

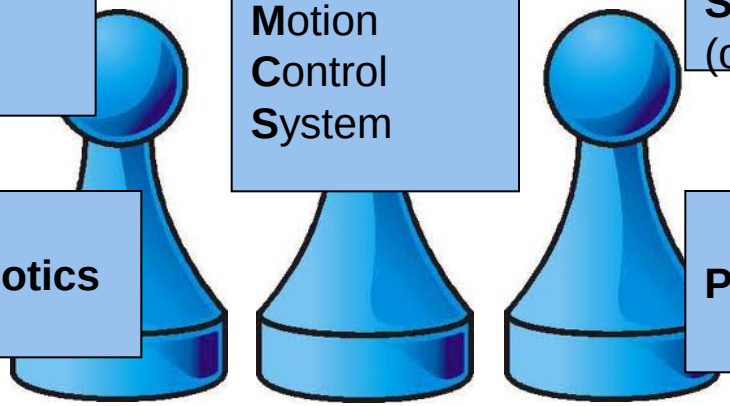
Crew **S**upport **S**ystem

Extra **V**ehicular **A**ctivity

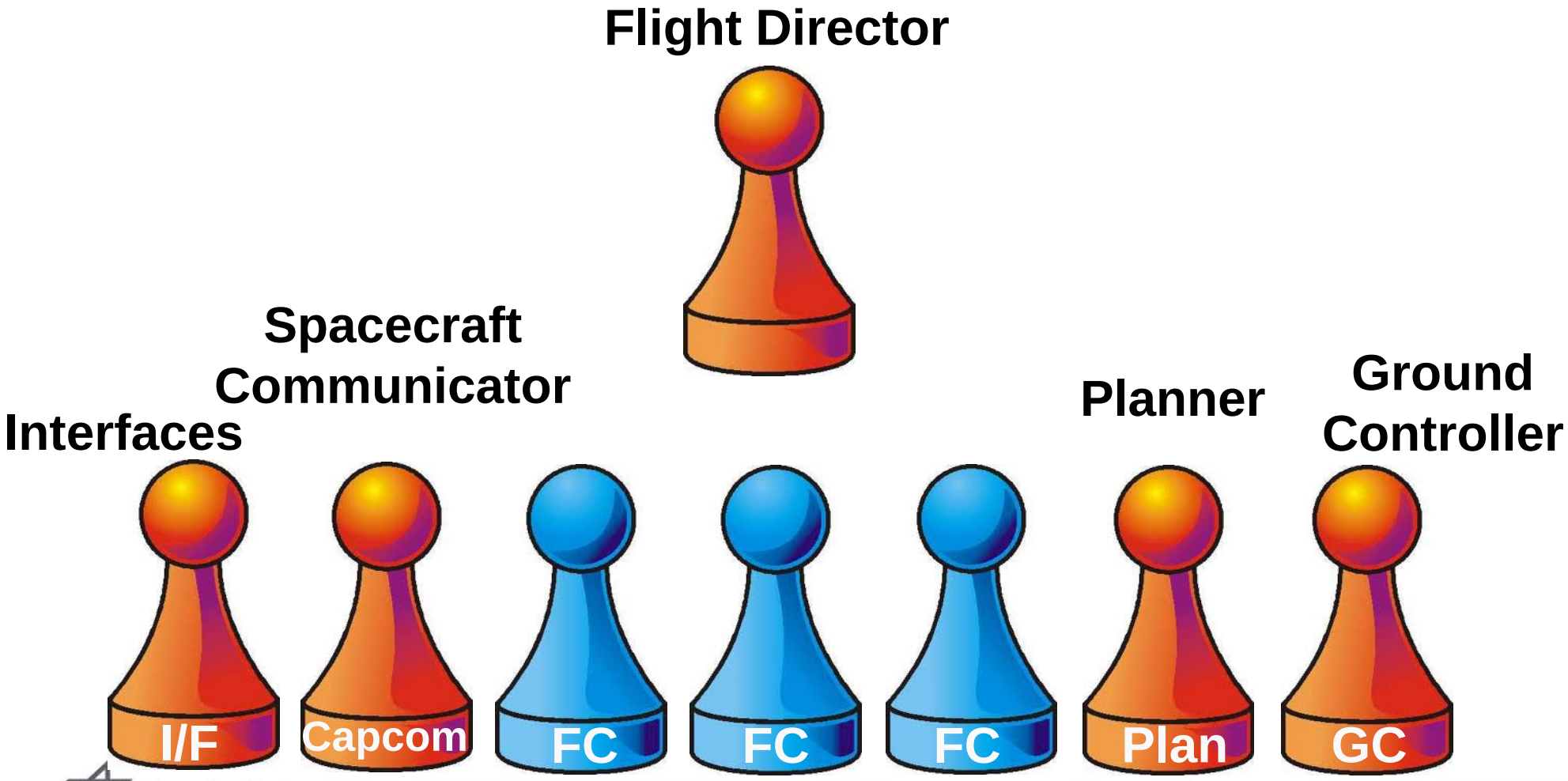
Robotics

Payloads

Medical **Ops**



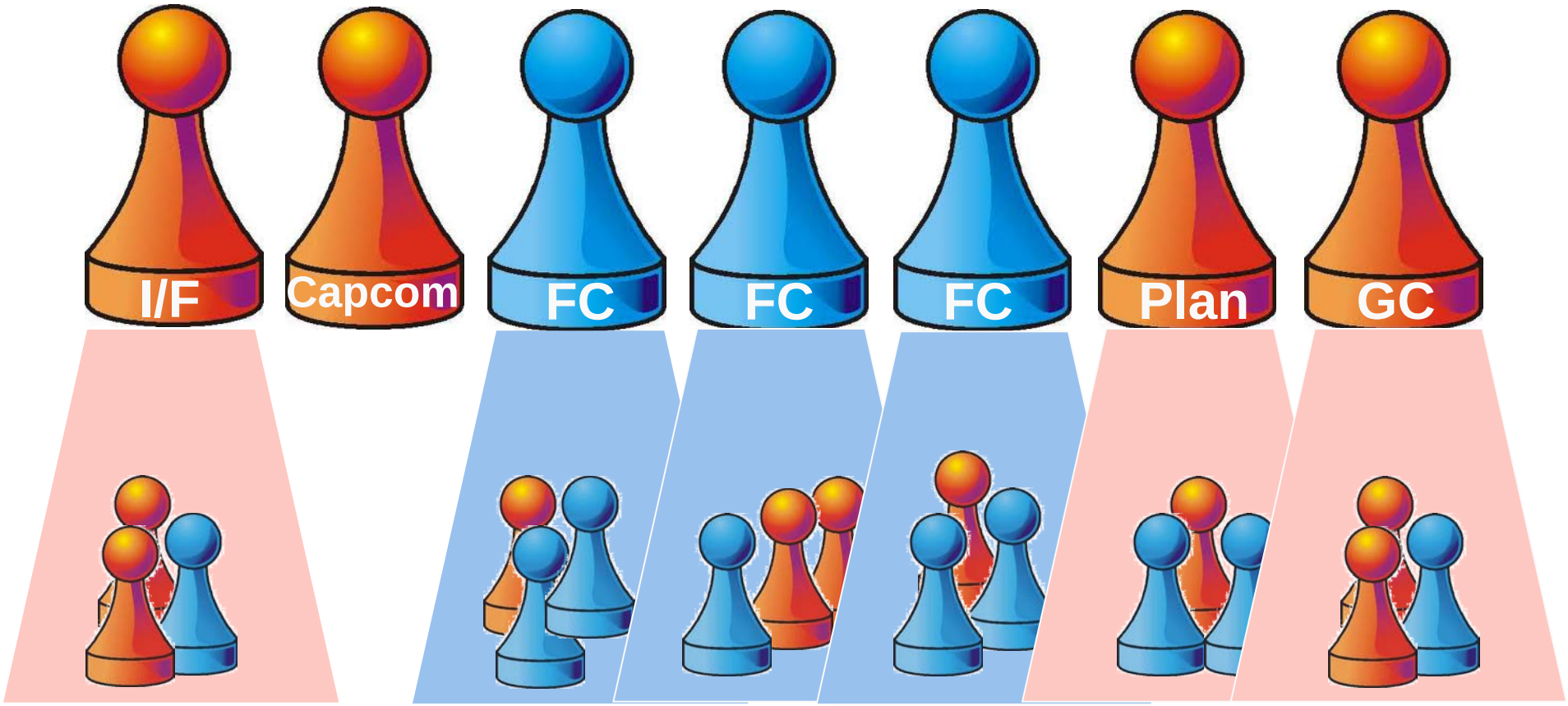
Jedes Flight Control Team hat weiterhin zusätzliche Funktionen



ISS-Kontrollzentren der NASA – „Großes“ Team

ADCO GNC, MCS	**OPSPLAN** Planner	**ROBO** Robotics	**PAO** Public outreach
OSO Struc&Mech	**ETHOS** ECLSS, iTCS	**TOPO/VVO/RIO** Trajectory/Interface	
CRONOS C&T, C&DH	**ISS FD** Flight Director	**CAP-COM**	**CIO** ISO
SPARTAN EPS, eTCS	**EVA** EVA	**BME** **und Flugarzt**	**GC** Ground Systems

Flight Control Positionen können einen Expertenstab hinter sich haben („Backroom“)



ISS-Kontrollzentren der NASA – „Backroom“ example

OPSPLAN
Planner

LRP
Long Range Planner

RPE
Replanning Engineer

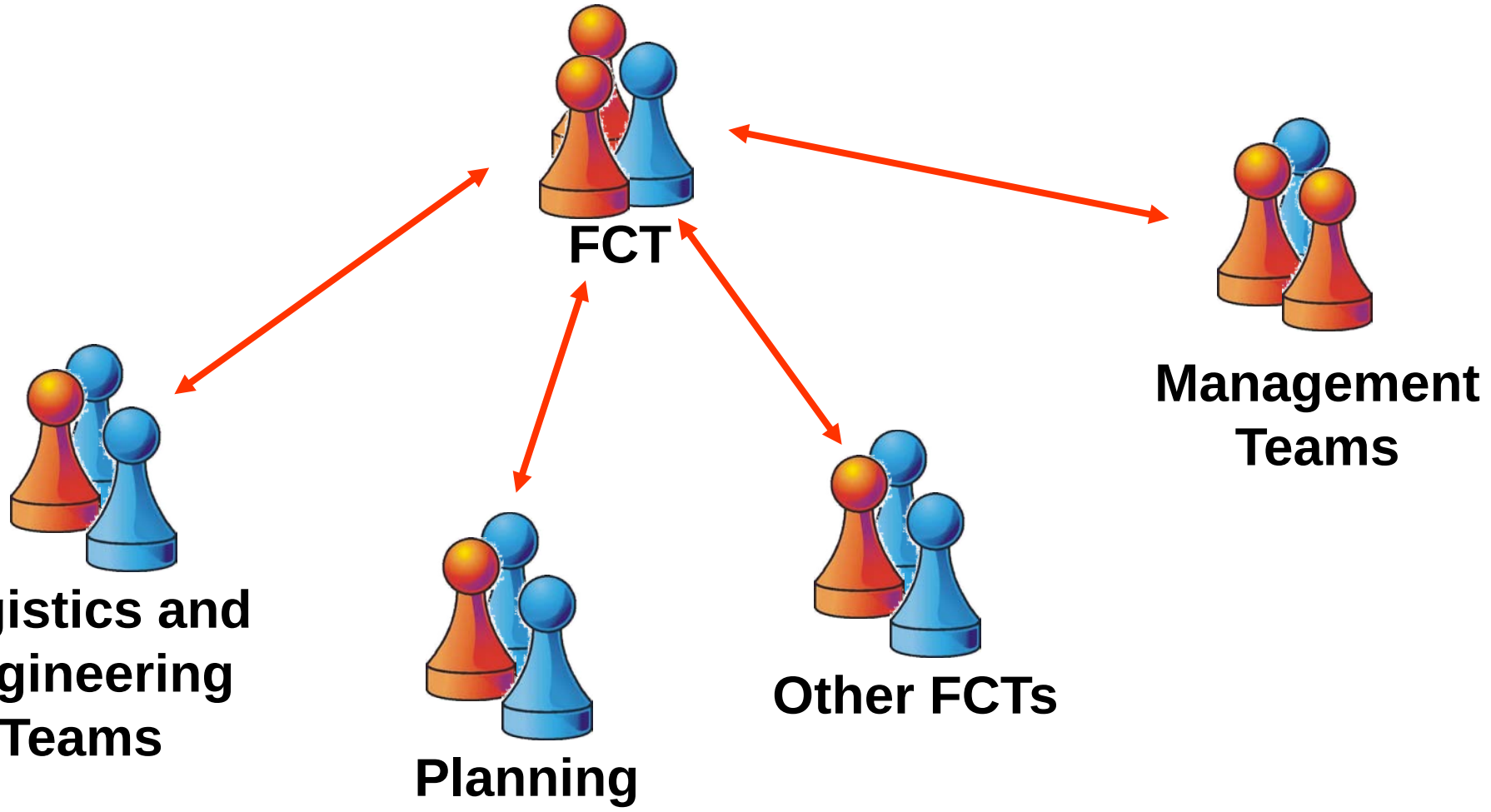
RPE Support
Replanning Engineer

ODF
Ops Data File

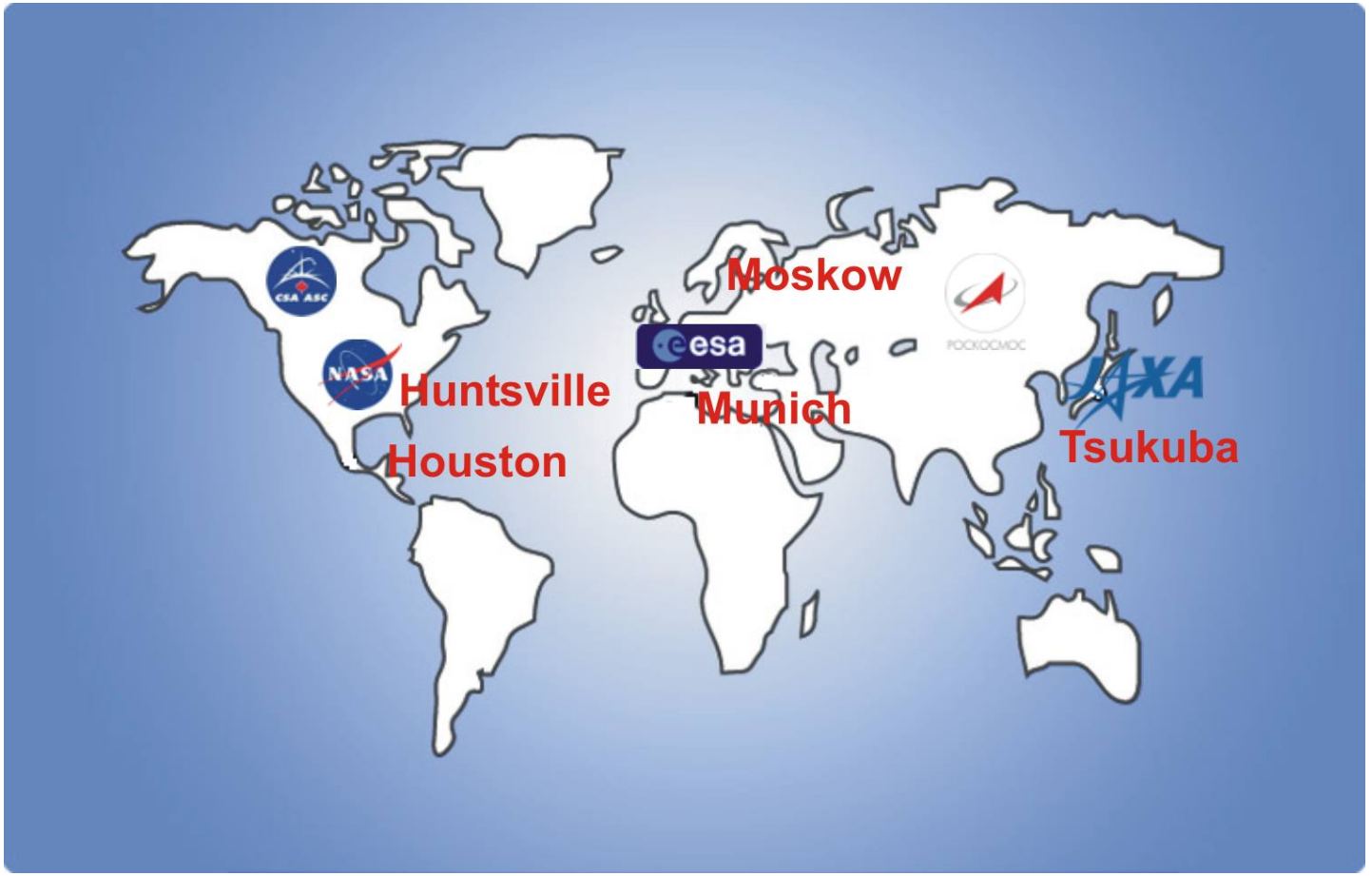
Interpreter
Russian translations

OCA
Orbital Comm Adapter

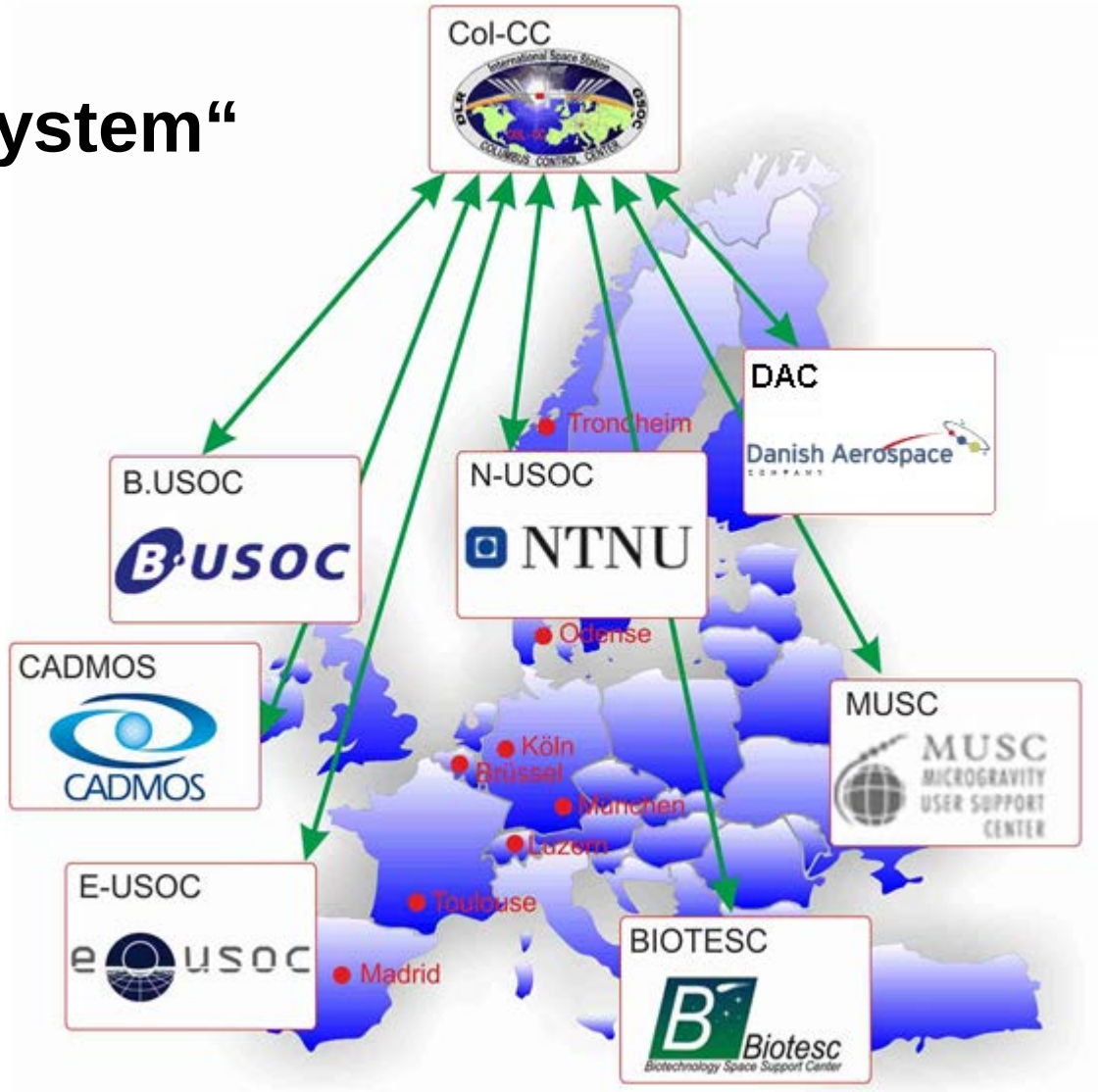
Andere Teams unterstützen das Flight Control Team



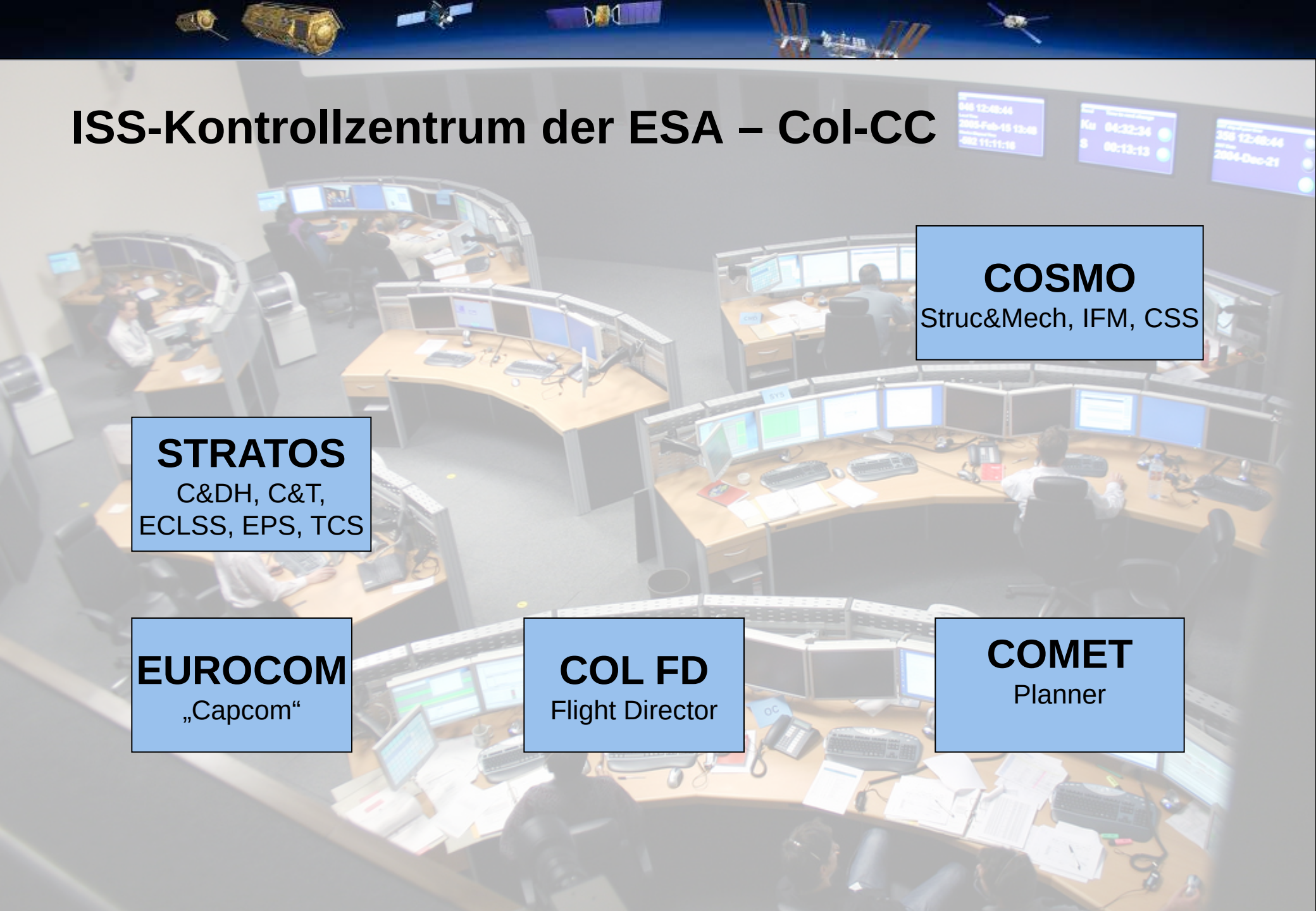
Die ISS-Hauptkontrollzentren



Das Europäische Flight Control „System“



ISS-Kontrollzentrum der ESA – Col-CC



COSMO
Struc&Mech, IFM, CSS

STRATOS
C&DH, C&T,
ECLSS, EPS, TCS

EUROCOM
„Capcom“

COL FD
Flight Director

COMET
Planner

Agenda

A repetition? - The Subsystems

The Flight Control Team

How to conduct Operations

The Crew and Mission Control

Wir züchten Kristalle…

DÜSENTRIEB

Vorbereitungen auf Ingenieursseite

Konstruktion und Dokumentation

Safety assessment

Verschiedene Reviews

Integration

Software

Handover an das Operations Team

Stage Analysis

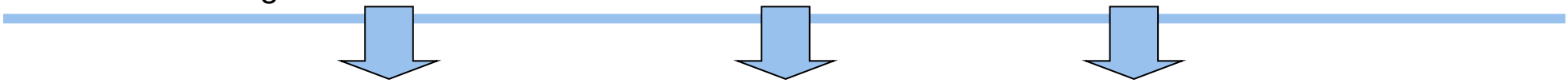
Welche gegenseitigen Wechselwirkungen gibt es?

Hazard Reports

Welche Gefahren gibt es?

Ops Handbooks

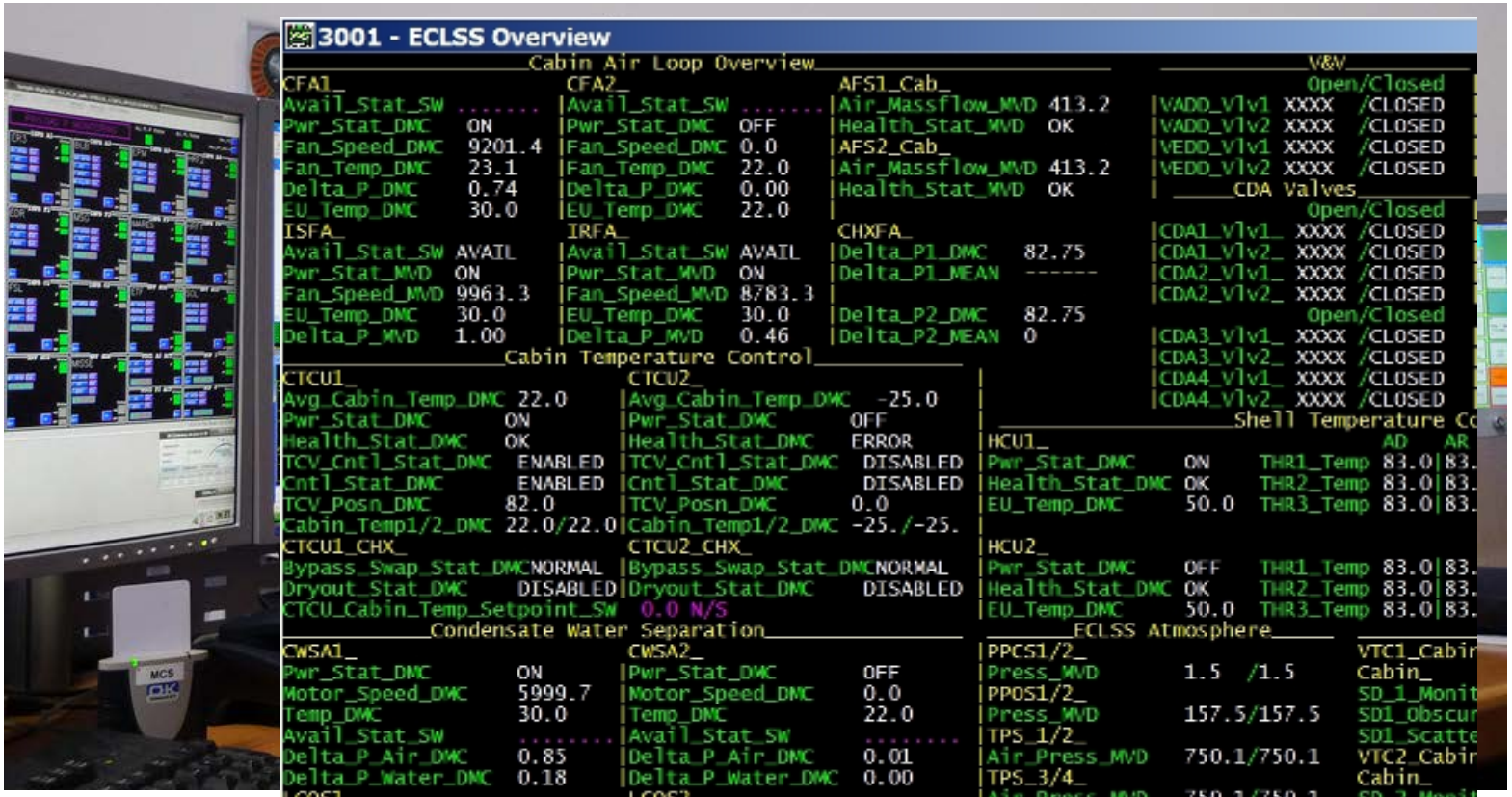
Wie funktioniert das Gerät?



Operations Preparation

Telemetrie und Telecommanding

DÜSENTRIEB stellt Telemetrie zur Verfügung



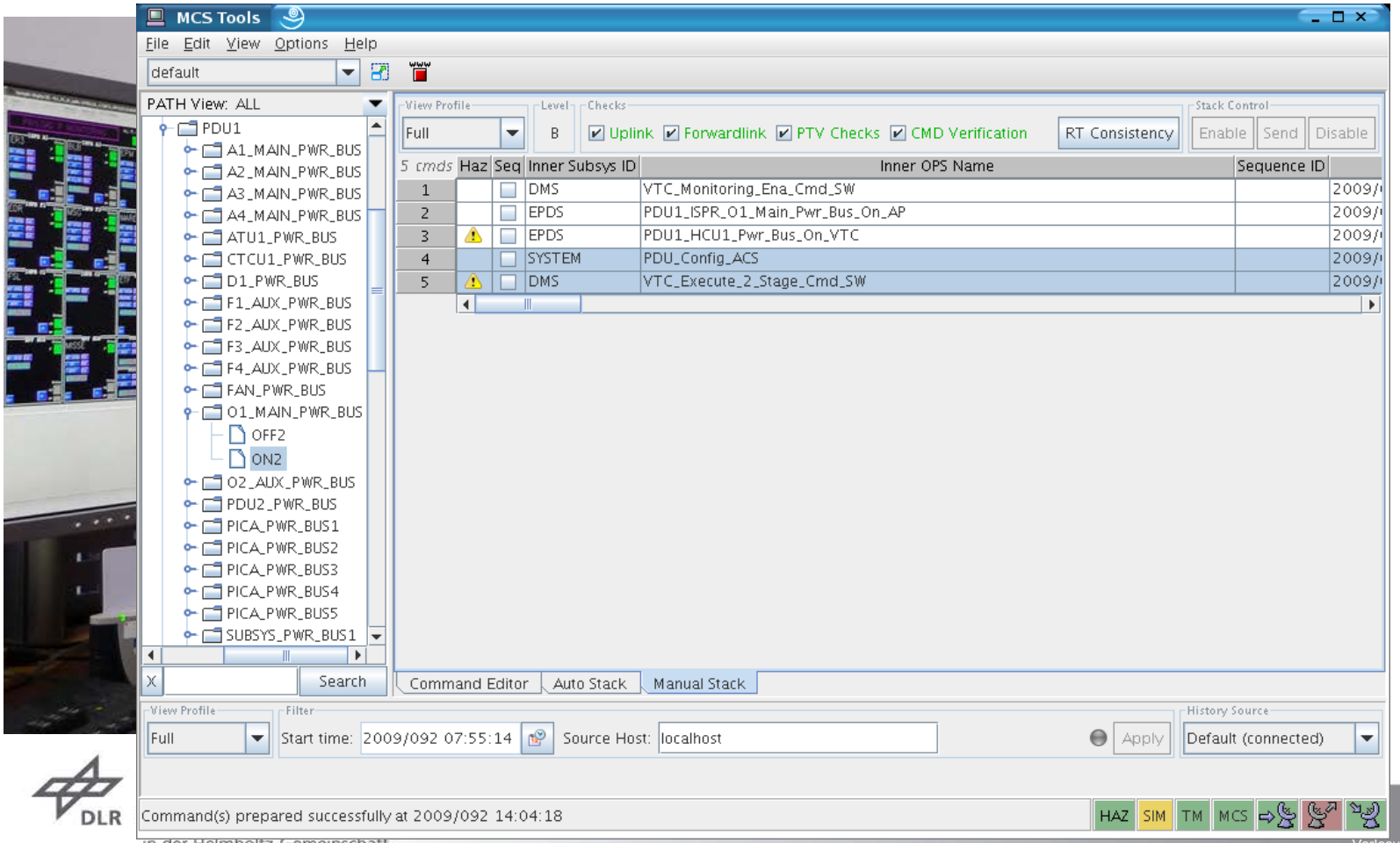
Die Onboard-Software muss für das Experiment konfiguriert sein

Die Mission Data Base am Boden muss konfiguriert sein

Telemetrie-Displays müssen entwickelt und getestet werden

Telemetrie und Telecommanding

DÜSENTRIEB kann vom Boden aus kommandiert werden



Kommandofiles müssen gebaut und getestet werden

Für jede Aktivität: Eine Prozedur…

DÜSENTRIEB muss
von den Astronauten in EDR
eingebaut werden.

Oder:

DÜSENTRIEB muss
vom Boden aus kommandiert
werden

1.101 COL VIDEO CASSETTE RECORDER SERVICING
(IFM/1E-ALL/FIN) Page 1 of 4 pages

OBJECTIVE:
Perform a routine servicing of a Columbus Video Casette Recorder (VCR) by cleaning the VCR tape heads using a cleaning tape.

LOCATION:
Installed: COL1SCAO.

DURATION:
10 minutes

CREW:
One

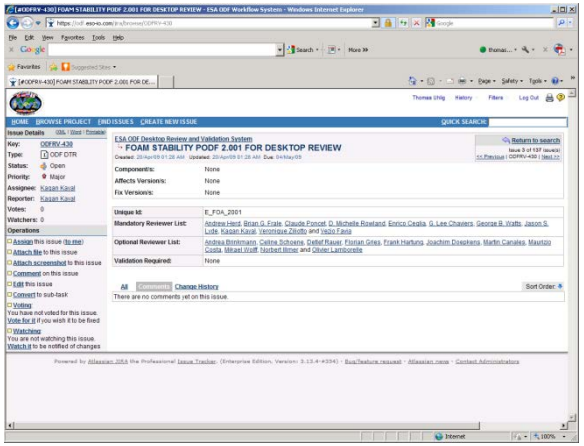
MATERIALS:
VTR Cleaning Tape
Marking Pen

1. CHECKIING VCR STATUS

Für jede Aktivität: Eine Prozedur…

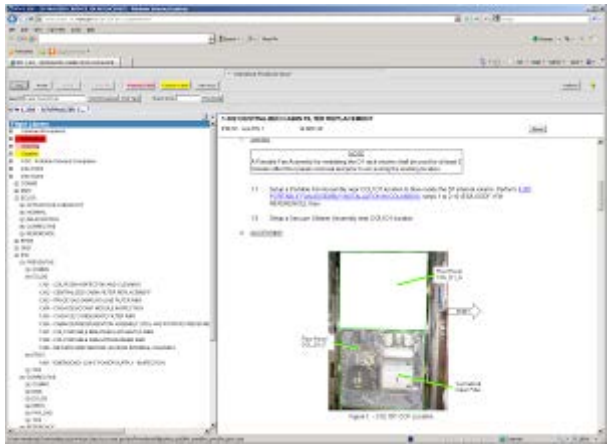
Technical Discussions

Authoring (according to the standards)



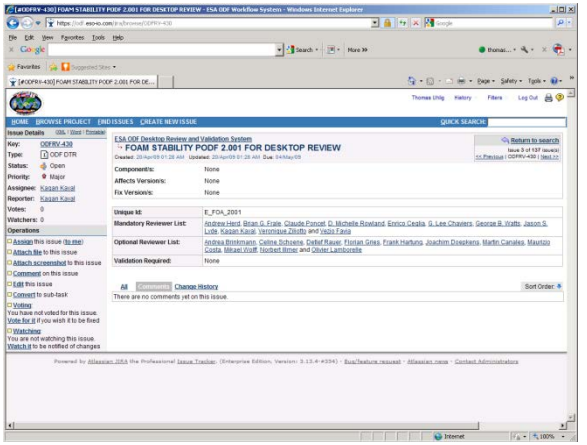
Desktop Review

Various Steps of procedure validation



Publication

Operations **D**ata **F**ile **C**ontrol **B**oard



Regelwerke: Flight Rules und Payload Regulations

„DÜSENTRIEB muss kontinuierlich gekühlt werden. Ein Kühlwasserausfall von mehr als 2hr beschädigt das Experiment“

B1-3 REAL-TIME OPERATING POLICY [RC] [E] [J] [H] ®[062603-5998] ®[052307-8165] ®[ED]

A. NORMAL FLIGHT OPERATIONS WILL BE CONDUCTED ACCORDING TO THE STATION OPERATIONAL FLIGHT RULES (INCLUDING THE INCREMENT SPECIFIC ANNEXES). ®[040998-6417] ®[ED]

B. OPERATIONS DECISIONS WILL STAY WITHIN PARAGRAPH A WHEN PRACTICAL. WHEN TIME OR CIRCUMSTANCES DO NOT PERMIT THIS, THE FLIGHT DIRECTOR (AND/OR CREW COMMANDER, PER RULE {B1-7B}, CREW COMMANDER AUTHORITY AND RESPONSIBILITY) MAY CHOOSE TO TAKE ANY NECESSARY ACTION TO ENSURE THE SAFETY OF THE STATION AND CREW AND TO SATISFY MISSION OBJECTIVES. ®[ED]

IN SUCH CASES, THE FOLLOWING PRIORITIES APPLY:

1. CREW SAFETY

2. VEHICLE SAFETY

3. PROTECTION OF VEHICLE OR EQUIPMENT LIFETIME

4. CONTINUE THE PLANNED OPERATIONS ®[040998-6417]

Regelwerke: Flight Rules und Payload Regulations

Technical Discussions

Review on European Side

European **F**light **R**ule **C**ontrol **B**oard

Approval on European Side

European **J**oint **O**ps **P**anel

Precoordination with NASA

International Review

Flight **R**ule **C**ontrol **B**oard

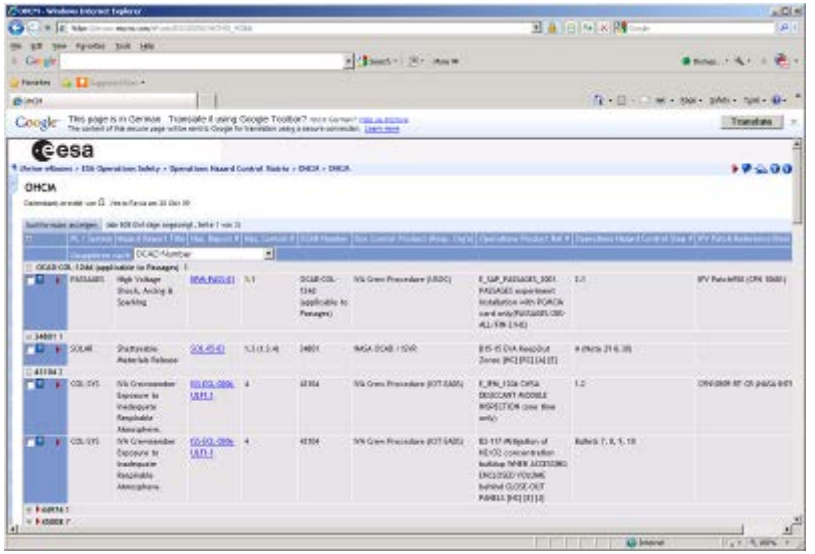
International Approval

Publication

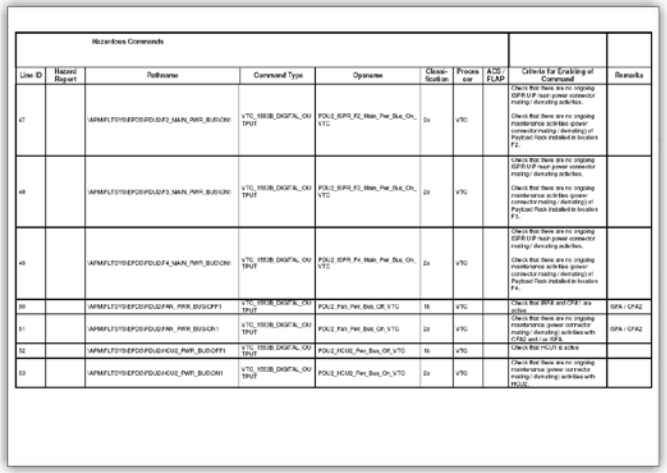
Was wäre, wenn…?

DÜSENTRIEB enthält giftige Substanzen

Gibt es Gefahren, für die ein „ops hazard control“ benötigt wird?



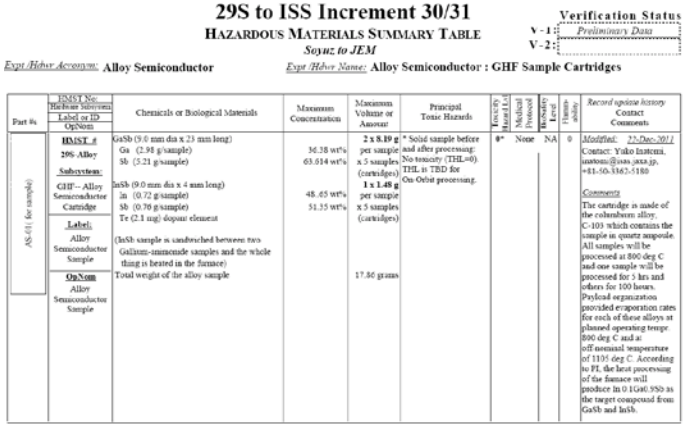
Alle Substanzen müssen klassifiziert und in der „Hazmat table“ gelistet sein



Hazardous Commands

Line ID	Hazard Report	Pathname	Command Type	Opsname	Classification	Processor	ADS / FLAP	Criteria for Enabling of Command	Remarks
47		\APM\FLT\YSE\PDU\DF2_MAIN_PWR_BUS\ON\	VTC_1553B_DIGITAL_OUTPUT	PDU2_IDPS_F2_Main_Pwr_Bus_On_VTC	2a	VTC		Check that there are no ongoing ISPR U/P main power connector mating / demating activities. Check that there are no ongoing maintenance activities (power connector mating / demating) of Payload Rack installed in location F2.	
48		\APM\FLT\YSE\PDU\DF3_MAIN_PWR_BUS\ON\	VTC_1553B_DIGITAL_OUTPUT	PDU2_IDPS_F3_Main_Pwr_Bus_On_VTC	2a	VTC		Check that there are no ongoing ISPR U/P main power connector mating / demating activities. Check that there are no ongoing maintenance activities (power connector mating / demating) of Payload Rack installed in location F3.	
49		\APM\FLT\YSE\PDU\DF4_MAIN_PWR_BUS\ON\	VTC_1553B_DIGITAL_OUTPUT	PDU2_IDPS_F4_Main_Pwr_Bus_On_VTC	2a	VTC		Check that there are no ongoing ISPR U/P main power connector mating / demating activities. Check that there are no ongoing maintenance activities (power connector mating / demating) of Payload Rack installed in location F4.	
50		\APM\FLT\YSE\PDU\DFAN_PWR_BUS\OFF\	VTC_1553B_DIGITAL_OUTPUT	PDU2_Fan_Pwr_Bus_Off_VTC	1b	VTC		Check that the BPA and ORT are active.	BPA / CPA2
51		\APM\FLT\YSE\PDU\DFAN_PWR_BUS\ON\	VTC_1553B_DIGITAL_OUTPUT	PDU2_Fan_Pwr_Bus_On_VTC	2a	VTC		Check that there are no ongoing maintenance (power connector mating / demating) activities with CPA2 and / or ISPA.	BPA / CPA2
52		\APM\FLT\YSE\PDU\HCU2_PWR_BUS\OFF\	VTC_1553B_DIGITAL_OUTPUT	PDU2_HCU2_Pwr_Bus_Off_VTC	1b	VTC		Check that HCU1 is active	
53		\APM\FLT\YSE\PDU\HCU2_PWR_BUS\ON\	VTC_1553B_DIGITAL_OUTPUT	PDU2_HCU2_Pwr_Bus_On_VTC	2a	VTC		Check that there are no ongoing maintenance (power connector mating / demating) activities with HCU2.	

„Hazardous Commands“ werden identifiziert



29S to ISS Increment 30/31
HAZARDOUS MATERIALS SUMMARY TABLE
Soyuz to JEM

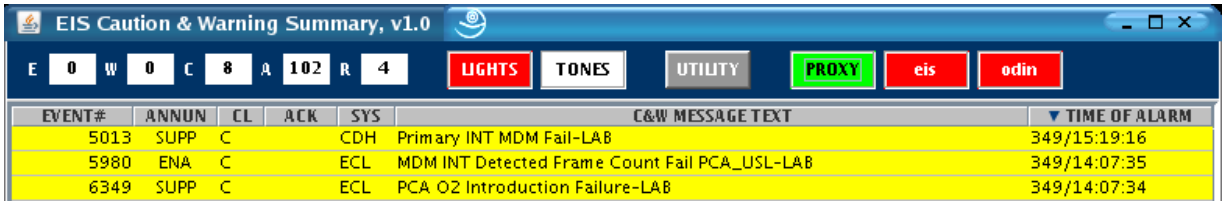
Verification Status
V-1: *Preliminary Data*
V-2:

Expt /Hdwr Acronym: **Alloy Semiconductor** *Expt /Hdwr Name:* **Alloy Semiconductor : GHF Sample Cartridges**

Part #s	HMST No: / Hardware Nomenclature / Label or ID / OpNom	Chemicals or Biological Materials	Maximum Concentration	Maximum Volume or Amount	Principal Toxic Hazards	Toxicity Hazard Cat.	Medical Protocol	Biosafety Level	Flame Safety	Record update history / Contact / Comments
AS-611 for sample)	**HMST #** 29S Alloy **Subsystem:** GHF-- Alloy Semiconductor Cartridge **Label:** Alloy Semiconductor Sample **OpNom** Alloy Semiconductor Sample	GaSb (9.0 mm dia x 23 mm long) Ga (2.98 g/sample) Sb (5.21 g/sample) InSb (9.0 mm dia x 4 mm long) In (0.72 g/sample) Sb (0.76 g/sample) Te (2.1 mg) dopant element (InSb sample is sandwiched between two Gallium-immersible samples and the whole thing is heated in the furnace) Total weight of the alloy sample	36.38 wt% 63.014 wt% 48.65 wt% 51.35 wt%	**2 x 8.19 g** per sample x 5 samples (cartridges) **1 x 1.48 g** per sample x 5 samples (cartridges) 17.86 grams	* Solid sample before and after processing: No toxicity (THL=0) THL is TBD for On Orbit processing.	0*	None	NA	0	*Modified: 22-Dec-2011* Contact: Yuko Inatomi, inatomi@stas.jaxa.jp, +81-50-3362-5180 *Comments* The cartridge is made of the columbium alloy, C-103 which contains the sample in quartz ampoule. All samples will be processed at 800 deg C and one sample will be processed for 5 hrs and others for 100 hours. Payload organization provided evaporation rates for each of these alloys at planned operating temp: 800 deg C and at off nominal temperature of 1105 deg C. According to PI, the heat processing of the furnace will produce in 0.1Ga0.9Sb as the target compound from GaSb and InSb.

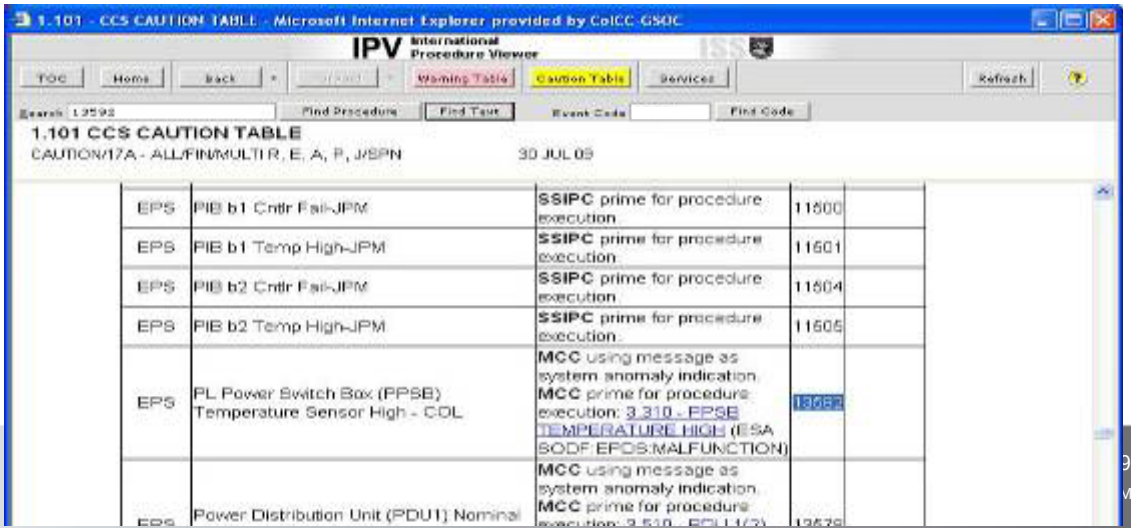
Was wäre, wenn…?

DÜSENTRIEB kann stations-
weite Alarme verursachen



Definition der Alarme…

…und vordefinierte Reaktion



Die „Operational Interfaces“

DÜSENTRIEB benötigt einen sehr speziellen Video downlink, der über die NASA koordiniert werden muss

7.2.4 ISPR / External Payload Deactivation

PURPOSE

To define the interactions between Columbus FCT and FRC FCT while performing ISPR/external payload deactivation.

PARTICIPANTS

COL OC <SITE> OPS

COL FLIGHT

GENERAL

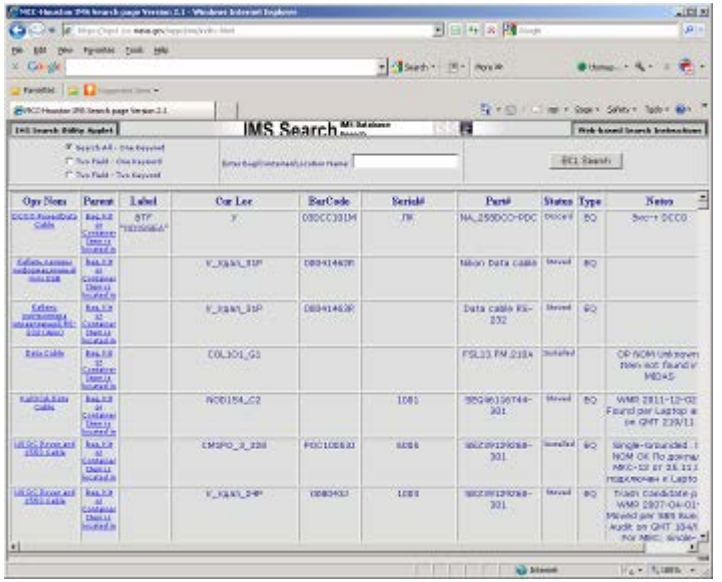
For performing the deactivation of an ISPR/external payload the dedicated FRC or the crew might first perform a PODF procedure (ESA ODF/<PL Facility> Book/Activation and Check-out) in order to prepare the ISPR/external payload for deactivation. Following the PODF, the Columbus FCT or the crew will perform an SODF (ESA ODF/Joint System Payload Book/Activation and Check-out) to deactivate the Columbus system services (power, water cooling, etc.).

This JOIP is used to define the needed interactions on ground between the Columbus FCT and the FRC FCT w.r.t. those activities.

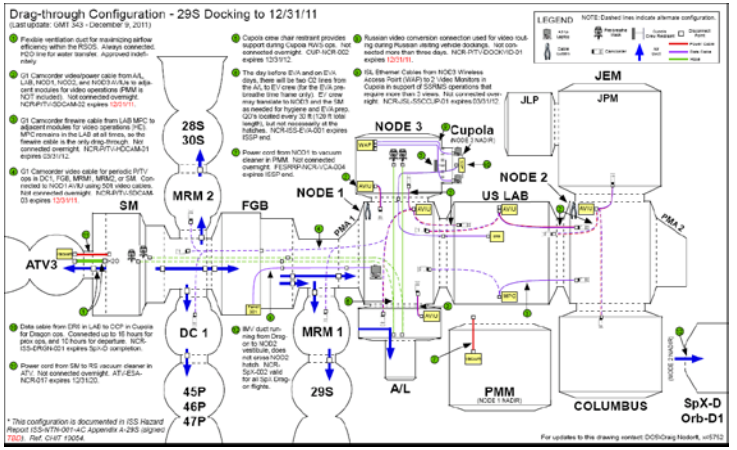
Wohin damit?

Einige Einzelteile von DÜSENTRIEB müssen an Bord verstaut werden. Eine Spezialsonde braucht Strom aus einer Steckdose

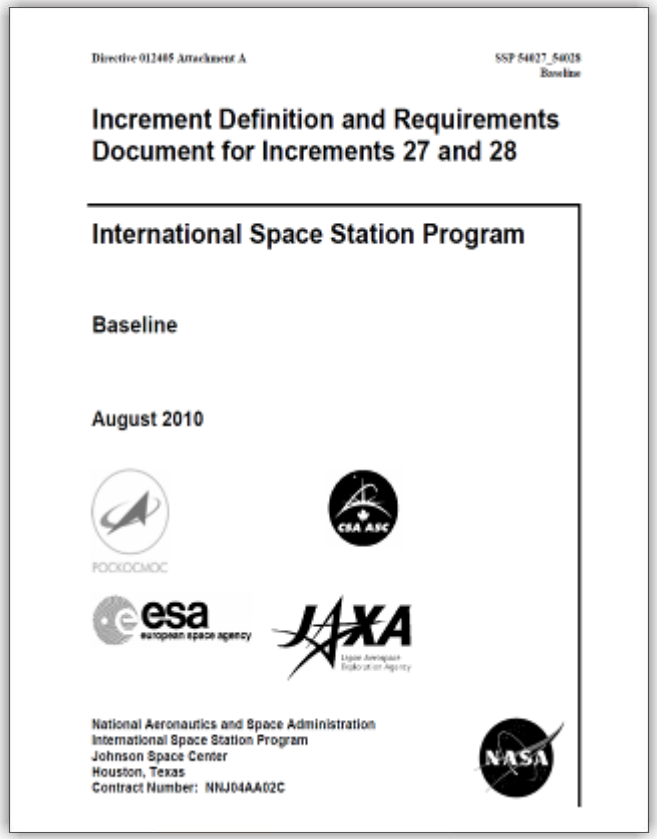
Alle Gegenstände auf der ISS sind mit ihrem Stauort gespeichert



Jedes Einstecken, jedes Kabel-verlegen ist geregelt



Dann: Planen wir‘s ein!


Directive 012405 Attachment A

SSP 54027_54028 Baseline

Increment Definition and Requirements Document for Increments 27 and 28

International Space Station Program

Baseline

August 2010

POCKOCMOC

CSA ASC

esa european space agency

JAXA

National Aeronautics and Space Administration
International Space Station Program
Johnson Space Center
Houston, Texas
Contract Number: NNJ04AA02C

NASA

DÜSENTRIEB wird in ein Increment als Requirement aufgenommen

Wird in den Maintenance Plan aufgenommen

Ein Ops Concept wird definiert (wer kümmert sich um was?)

Spezielle Foto/Video-Anforderungen werden definiert

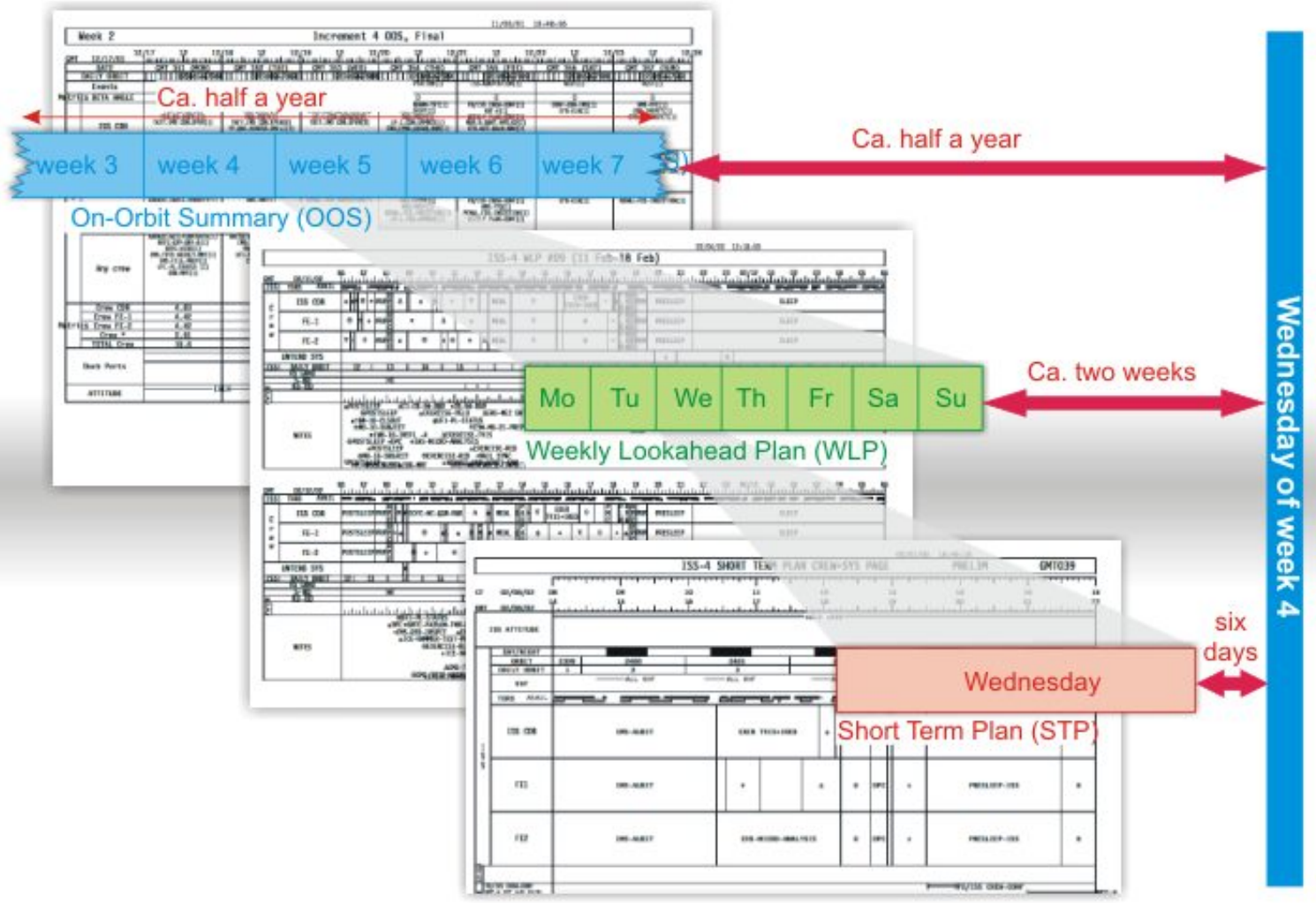
Das Crew Training wird vorbereitet und implementiert

Die Hardware wird „mani-festiert“

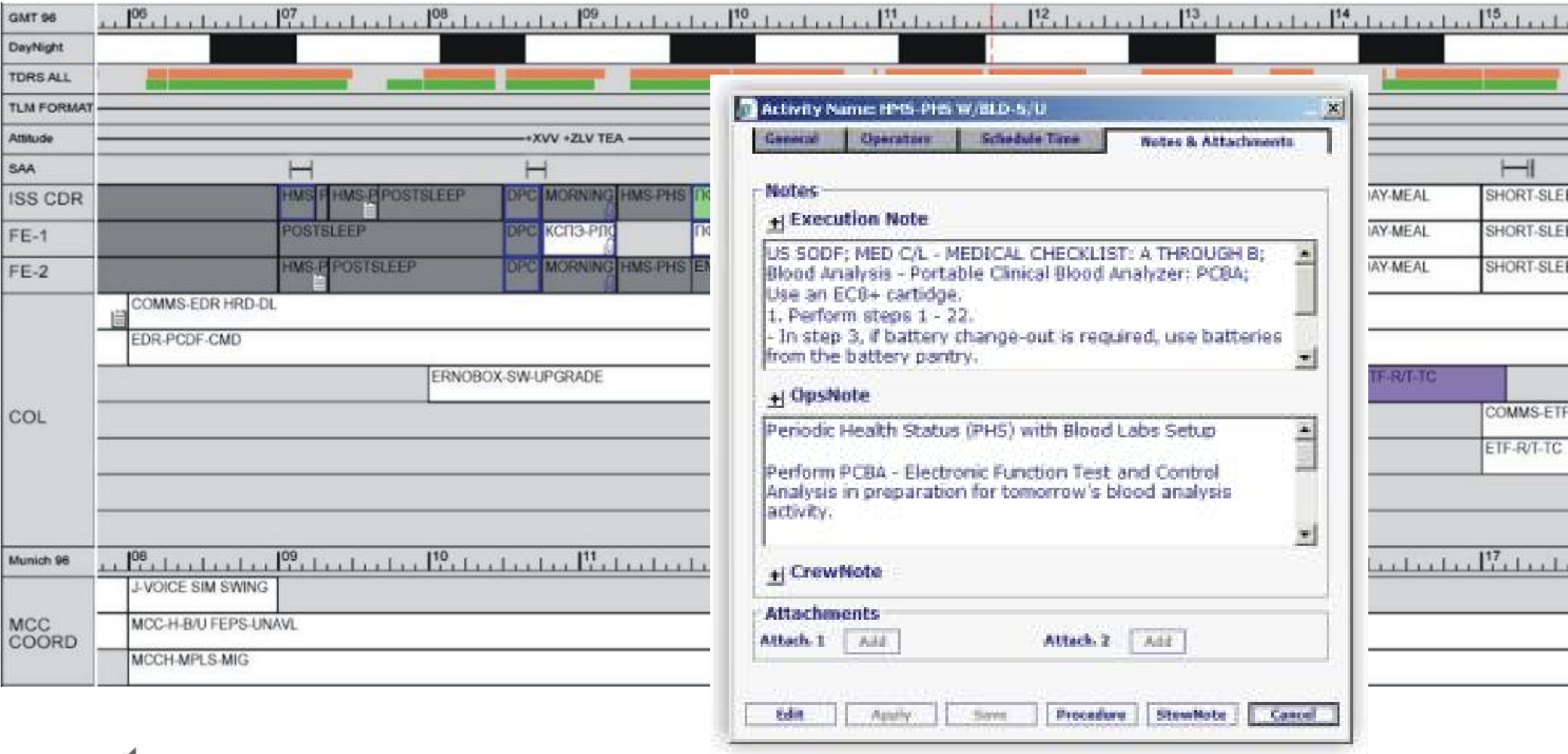
Die relative Wichtigkeit des Experiments wird festgelegt

„Certification of Flight Readiness“ (CoFR)

Dann: Planen wir‘s ein!



Dann: Planen wir‘s ein!

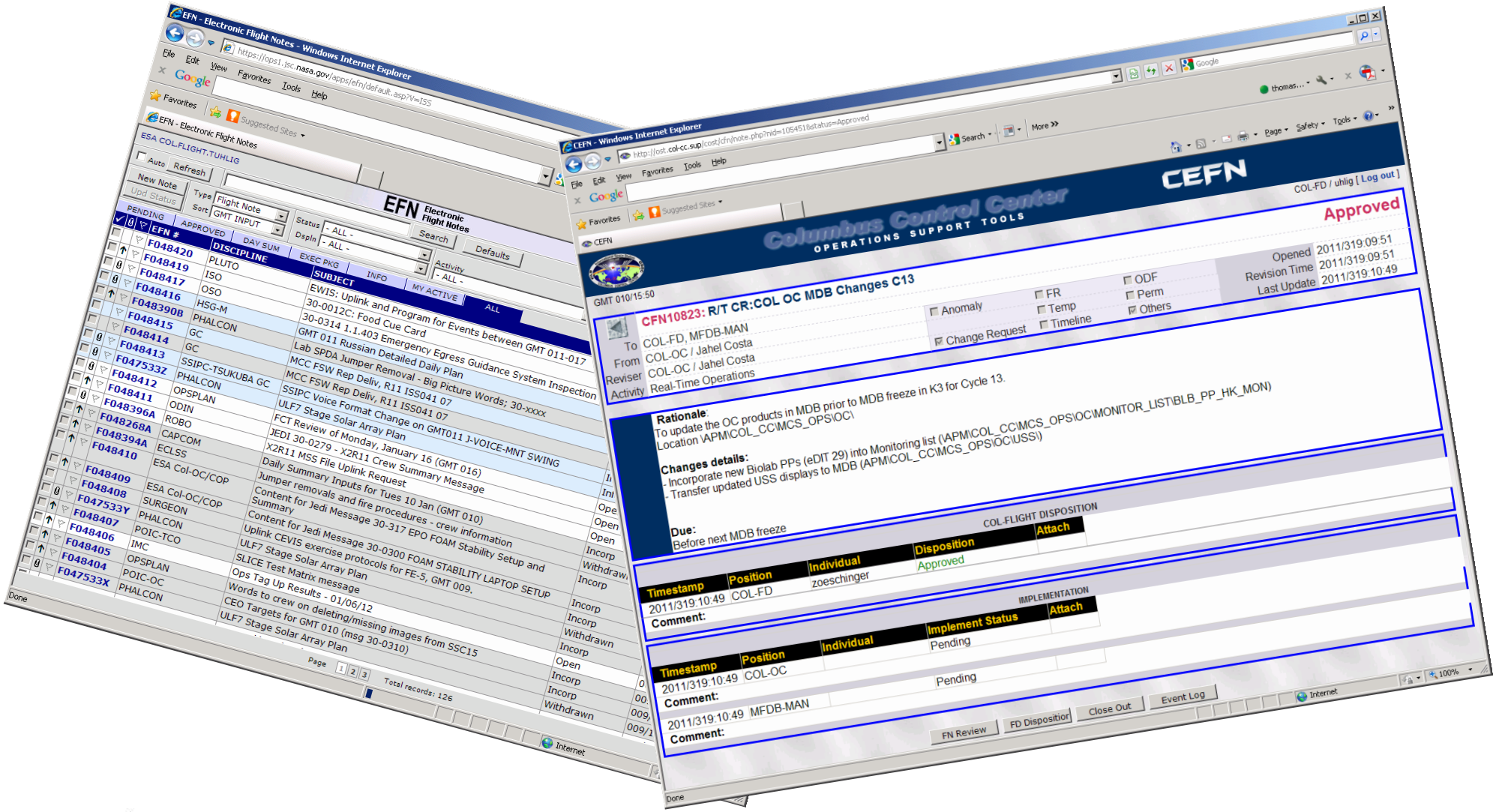


Ist jetzt alles fertig für das Experiment?

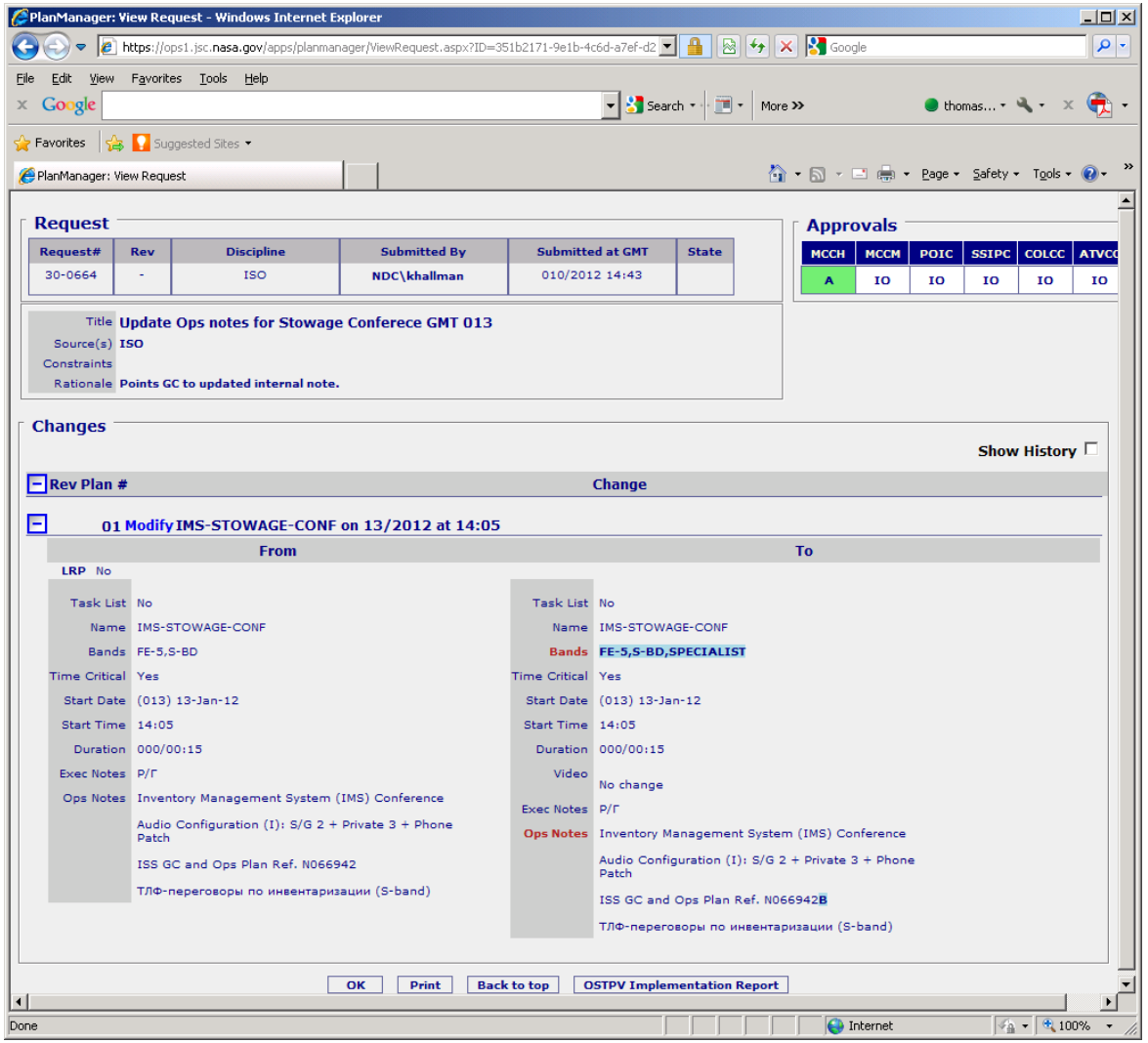
Die Erfahrung zeigt: Meistens NEIN!!

Viele Änderungen in „real-time“ und „near real-time“ treten auf

Deswegen: Flight Notes und ähnliches



…oder gleich ganz verschieben?



„Planning Product Change Request“

Tag der Wahrheit…


ISS020E026298

„Always expect the unexpected“

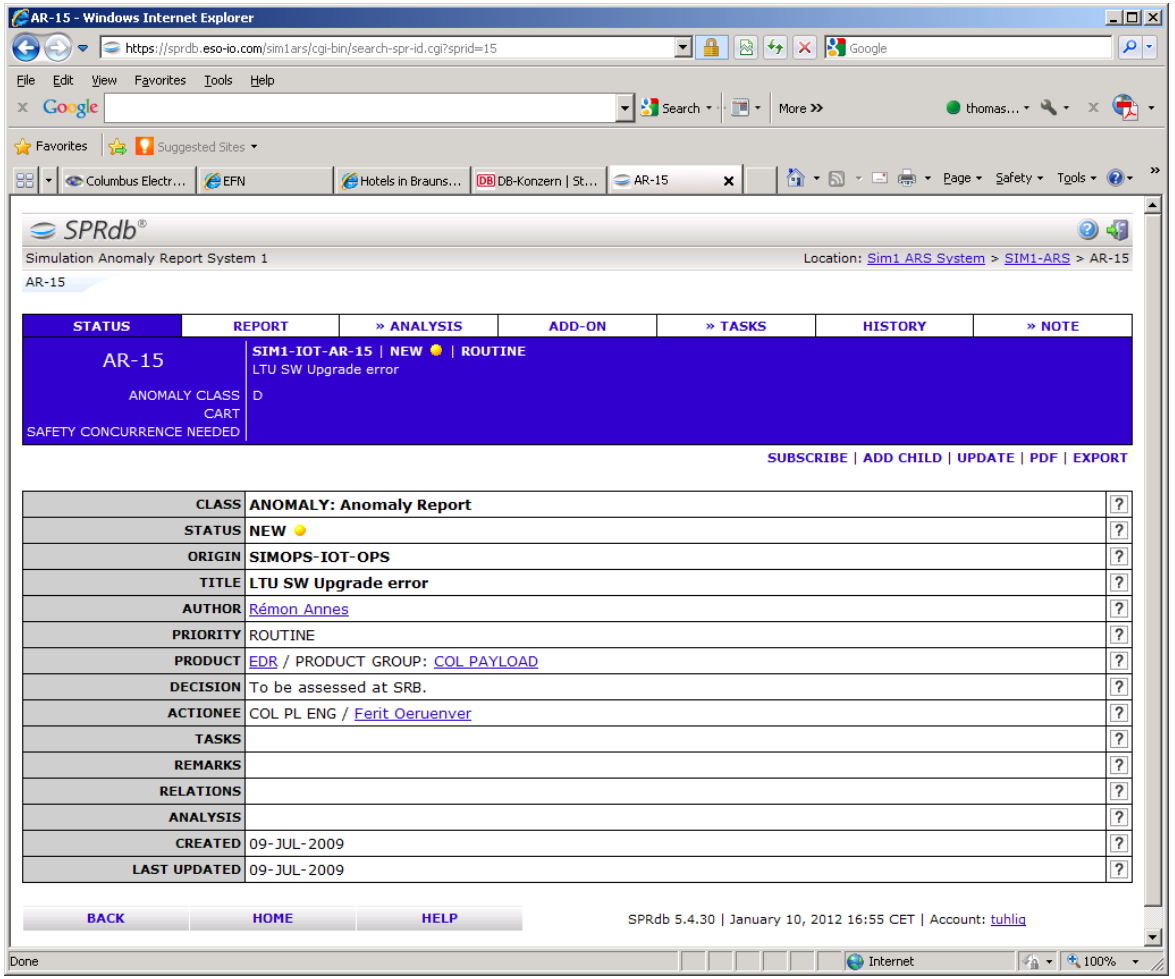
Unterstützung der Crew bei Fragen/ Unklarheiten/…

Und sollte etwas schiefgehen:

1. Eine sichere Situation herstellen

2. Das Problem melden

3. Expertenmeinung abwarten



Agenda

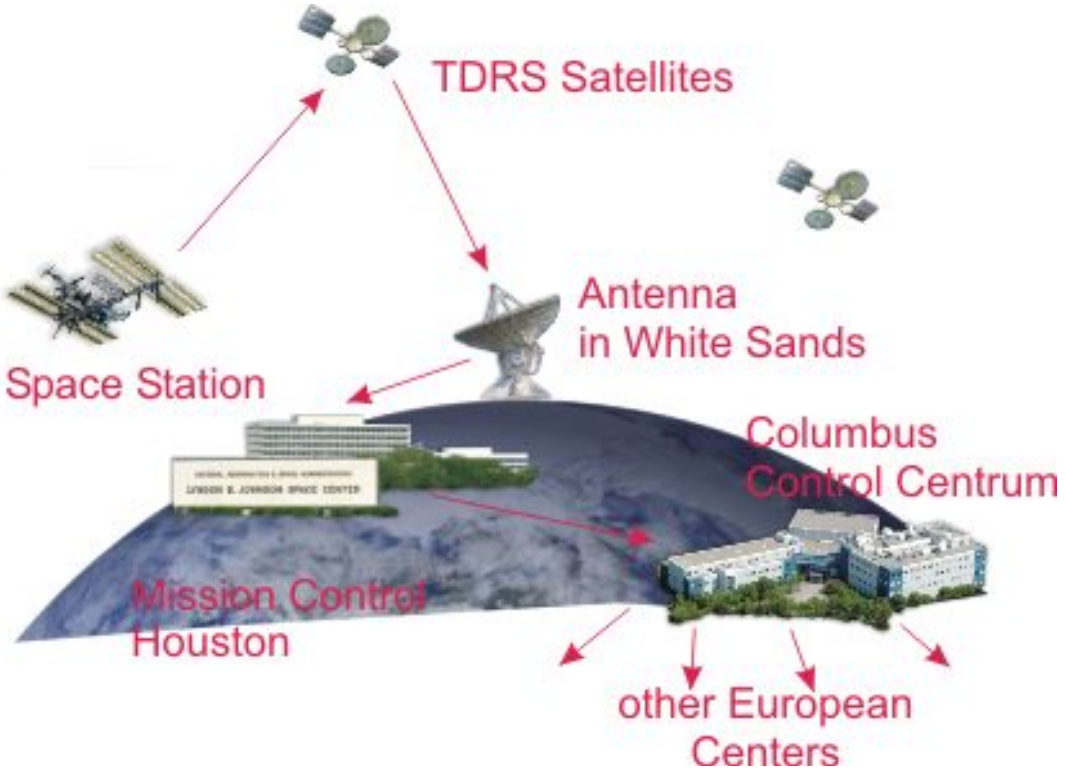
A repetition? - The Subsystems

The Flight Control Team

How to conduct Operations

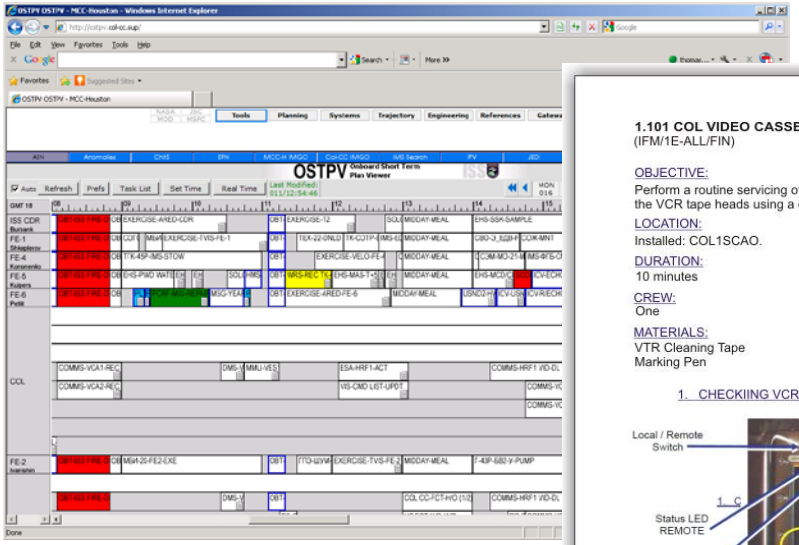
The Crew and Mission Control

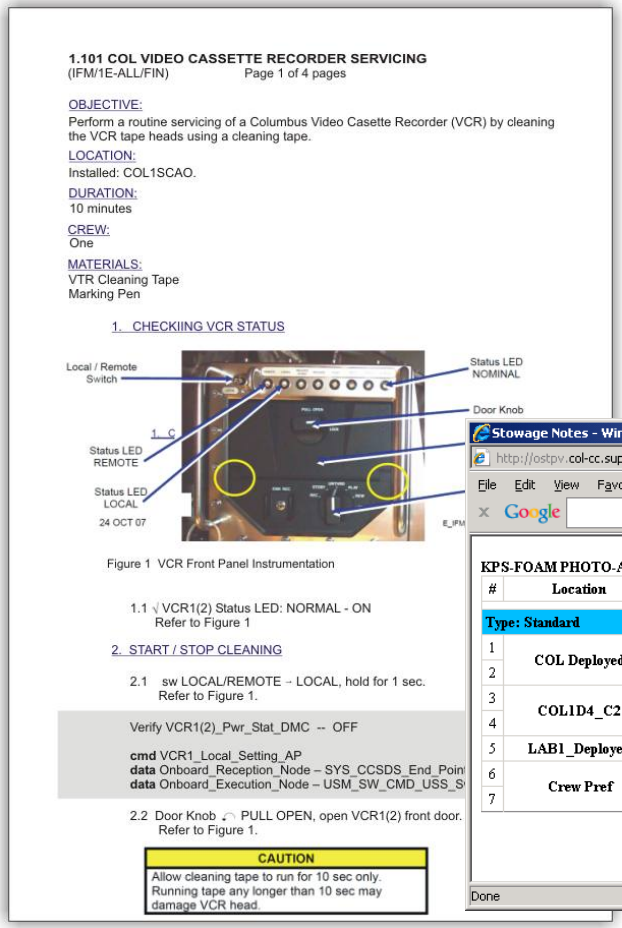
Die Verbindung zur Raumstation



- ISS kommuniziert über TDRS-Satelliten mit den Kontrollzentren
- Zwei Datenkanäle mit unterschiedlicher Bandbreite: S-Band und Ku-Band.
- Bei bestehender Funkverbindung: Vier Sprachkanäle, sechs Videokanäle, hochratiger Datenkanal, “Telemetrie” und “Telecommands”

Stundenplan, Prozeduren, Logistikinfos,…





1.101 COL VIDEO CASSETTE RECORDER SERVICING
(IFM/1E-ALL/FIN) Page 1 of 4 pages

OBJECTIVE:
Perform a routine servicing of a Columbus Video Casette Recorder (VCR) by cleaning the VCR tape heads using a cleaning tape.

LOCATION:
Installed: COL1SCAO.

DURATION:
10 minutes

CREW:
One

MATERIALS:
VTR Cleaning Tape
Marking Pen

1. CHECKIING VCR STATUS

Figure 1 VCR Front Panel Instrumentation

1.1 √ VCR1(2) Status LED: NORMAL - ON
Refer to Figure 1

2. START / STOP CLEANING

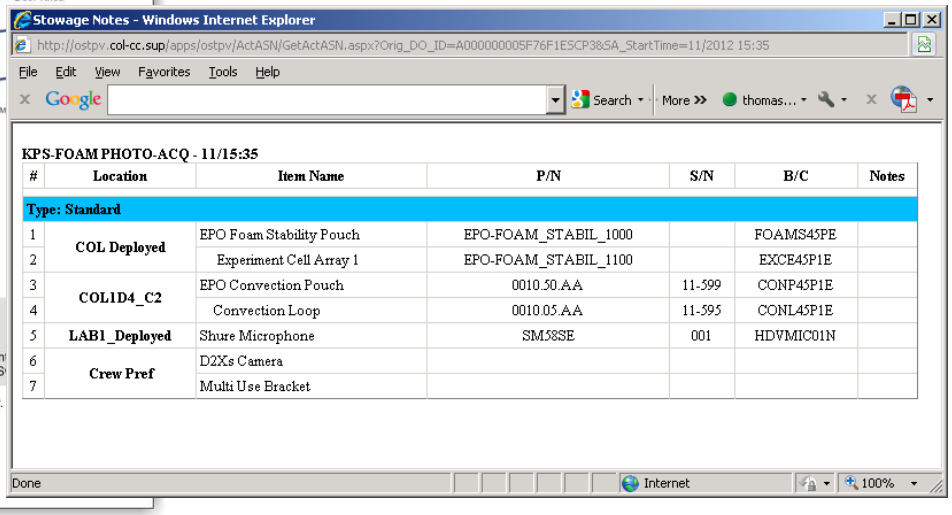
2.1 sw LOCAL/REMOTE → LOCAL, hold for 1 sec.
Refer to Figure 1.

Verify VCR1(2)_Pwr_Stat_DMC -- OFF

cmd VCR1_Local_Setting_AP
data Onboard_Reception_Node – SYS_CCSDS_End_Point
data Onboard_Execution_Node – USM_SW_CMD_USS_S

2.2 Door Knob ↶ PULL OPEN, open VCR1(2) front door.
Refer to Figure 1.

CAUTION
Allow cleaning tape to run for 10 sec only.
Running tape any longer than 10 sec may damage VCR head.



KPS-FOAM PHOTO-ACQ - 11/15:35

#	Location	Item Name	P/N	S/N	B/C	Notes
Type: Standard						
1	COL Deployed	EPO Foam Stability Pouch	EPO-FOAM_STABIL_1000		FOAMS45PE	
2		Experiment Cell Array 1	EPO-FOAM_STABIL_1100		EXCE45P1E	
3	COL1D4_C2	EPO Convection Pouch	0010.50.AA	11-599	CONP45P1E	
4		Convection Loop	0010.05.AA	11-595	CONL45P1E	
5	LAB1_Deployed	Shure Microphone	SM58SE	001	HDVMIC01N	
6	Crew Pref	D2Xs Camera				
7		Multi Use Bracket				

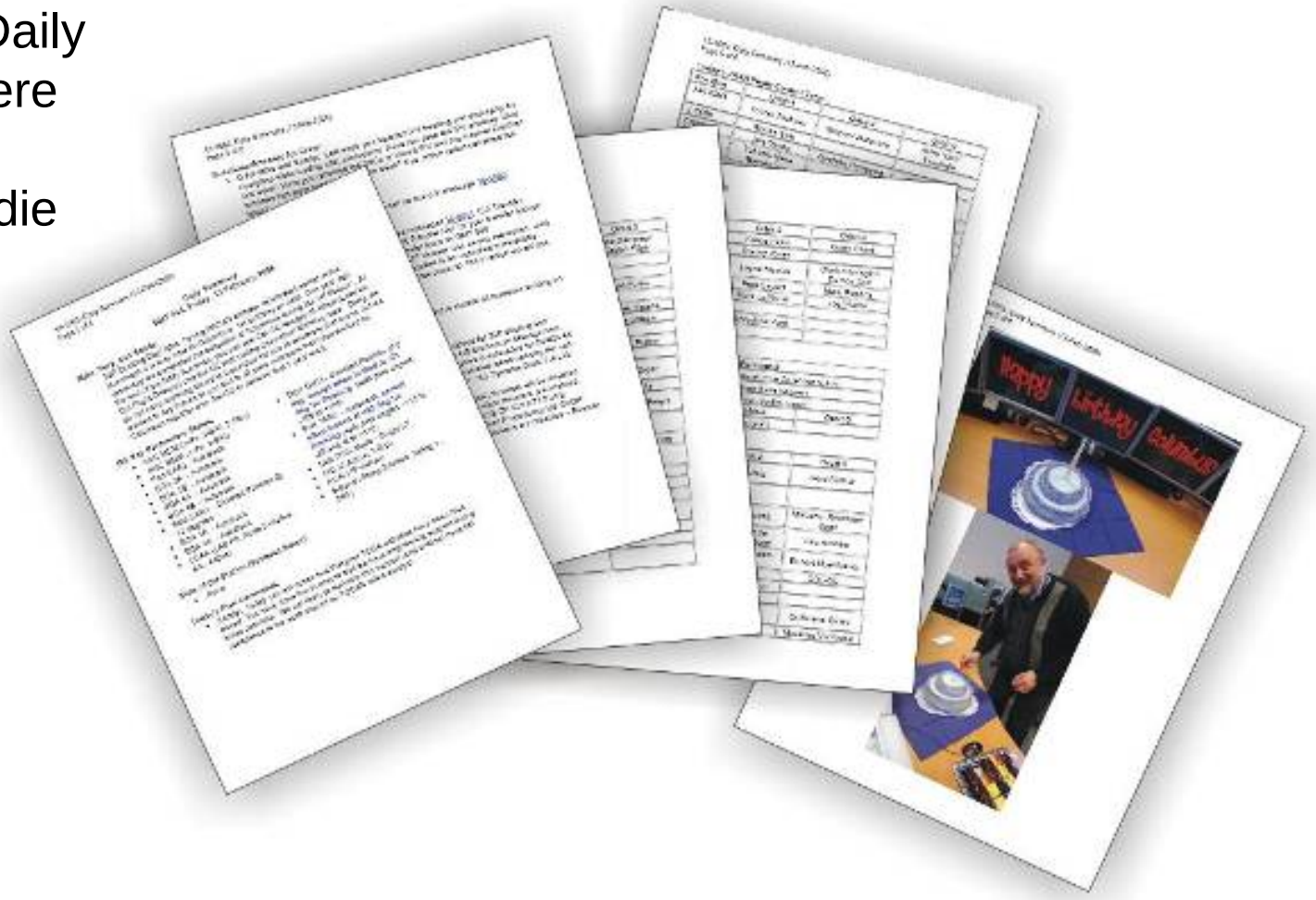
- Über Timeline (“Stundenplan”), Prozedur, Stowage Note,… wird mit der Crew kommuniziert – und sie kann auch “antworten”

Die Sprachkommunikation

- Nur zwei geplante Gespräche mit der Crew pro Tag
- Zusätzliche Kommunikation im Fall von Fragen/Problemen oder falls die Prozedur es verlangt.
- Nur eine Person im Kontrollzentrum darf mit der Besatzung sprechen (EUROCOM)

Die geschriebene Kommunikation

- Über ein tägliches “Daily Summary” (und andere regelmässigen Dokumente, die auf die Station geschickt werden) wird die Besatzung auf dem Laufenden gehalten



Video…

- Quasi kontinuierlich sind sechs Videokanäle von der Raumstation verfügbar.
- Videokonferenzen (auch der Astronaut bekommt Video vom Gesprächspartner) sind möglich

ISS018E032150

Weitere Kommunikationsmittel

- Die Besatzung hat Zugang zu “privaten” und “operationellen” Emails
- „Vertrauliche“ Konferenzen der Besatzungsmitglieder mit den jeweiligen zuständigen Flugdirektoren
- „Vertrauliche“ regelmäßige Konferenzen zwischen Crew und ihrem Flugarzt/Psychologen/Familie
- Besatzung kann über VoIP jedes „Erdtelefon“ anwählen
- Crew hat Zugang zum Internet

Kommerzialisierung

- Der Betrieb wird zunehmend geprägt von kommerziellen Nutzern
- Beispiele auf ISS: **Bartolomeo** externe Plattform (Bild oben), **Ice Cubes** (Bild unten)
- Die Anforderungen an den Betrieb werden dadurch anders
- Globale Plattformen, wie Netzwerk HUBs werden onboard verwendet
- Nutzer wollen Resourcen flexibel nutzen
- Handling muß für Nutzer einfach gestaltet werden
- Harmonisierung mit ISS Operations

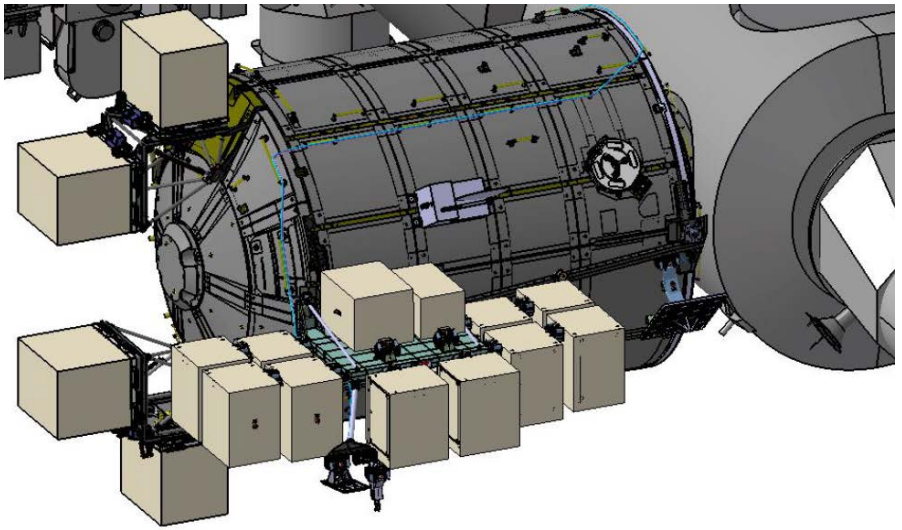


Bild: Airbus, IAC-18.B3.4-B6.4.7

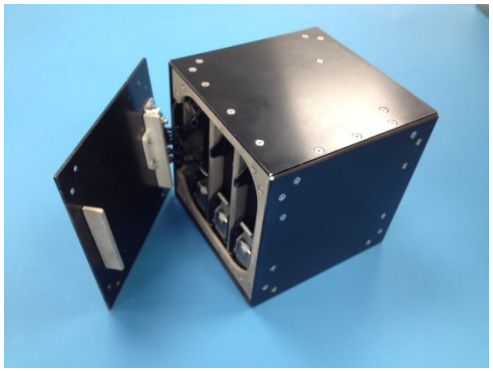


Bild: ESA

Agenda

A repetition? - The Subsystems

The Flight Control Team

How to conduct Operations

The Crew and Mission Control

Literatur

[1] FLIGHT – My life in Mission Control, Ch. Kraft, Plume (2002).

[2] Handbuch der Raumfahrttechnik, W. Ley, K. Wittmann, W. Hallmann (Hrg.), Carl Hanser Verlag, 5. Auflage (2019).

[3] Wie Columbus fliegen lernte, T. Uhlig, A. Nitsch, J. Kehr, Hanser Fachbuch, 1. Auflage (2010).

[4] First experience with realtime operations of the Columbus Module, D. Sabath, D. Schulze-Varnholt, 59th International Astronautical Congress, IAC-08-B3.3.3, Glasgow (2008).

[5] Spacecraft Operations, T. Uhlig, F. Sellmaier, M. Schmidhuber, Springer (2014).

Kontakt

- **Im Netz:**
  - http://www.dlr.de/rb/
  - http://www.col-cc.de/

- **Email:**
  - dieter.sabath@dlr.de
  - gerd.soellner@dlr.de
  - marius.bach@dlr.de

- **Ansprechpartner TUM:**
  - Daniel Pütz

Backup Slide: ESA Crewmembers on ISS

- Alexander Gerst auf ISS: Was ist anders für das Kontrollzentrum?
- Vorbereitung:
  - Kontakt mit ESA Astronauten
  - Besprechung von Präferenzen
- Durchführung:
  - ESA Crew Conference
  - Kontakt per Email / IP Phone
  - Tasklist handling
  - PAO Events
  - Presse am Kontrollzentrum

(Bild: ESA)

Backup Slide: ESA Crewmembers on ISS

- Nachbereitung:
  - Zusätzliches Crew debrief in Europa
- Generelle Hinweise zur Crewzeit
  - Crewzeit wird nicht nach Herkunft verteilt, das heißt ESA crew arbeitet nicht nur an ESA Aufgaben
  - Entscheidend ist das Training Level für spezielle Aufgaben, das jeder Astronaut individuell erhalten hat.
  - Russische Crewzeit ist nur bei speziellen Vereinbarungen verfügbar

(Bild: ESA)