

Sicherheit auf der internationalen Raumstation ISS

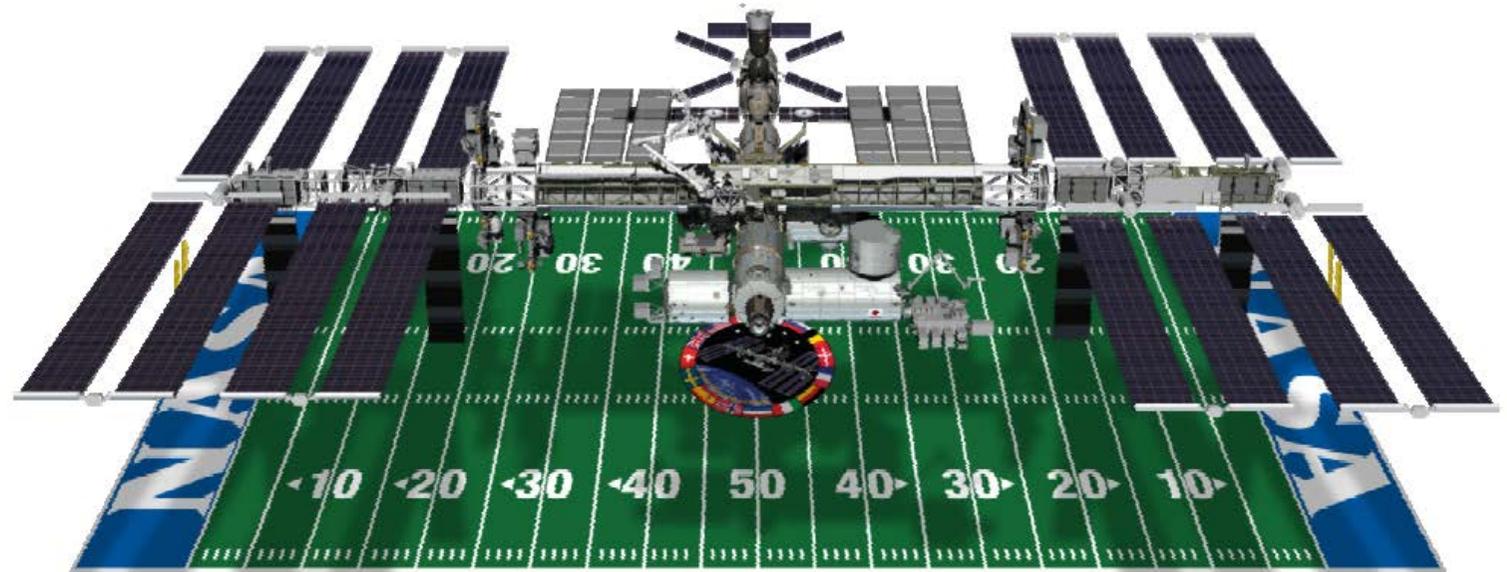
5. Sankt Augustiner Expertentreff “Gefahrstoffe”

A. Getimis / AIRBUS DS Bremen (Reliability, Availability, Maintainability and Safety Team)
30 Juni 2015 / Siegburg

Überblick

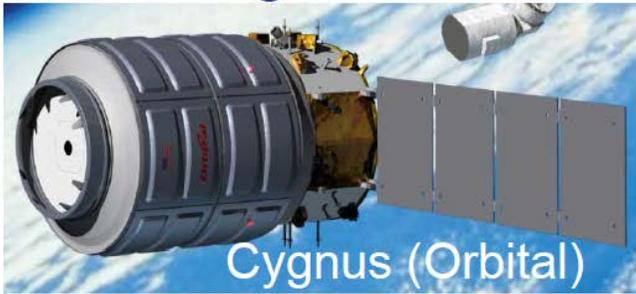
1. Die Raumstation ISS
2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Prozess, Verantwortungen und Konzept
3. Materialsicherheit
4. Gefährliche Stoffe

1. Die Raumstation ISS



- Maße: 110m x 98m x 28m
- Masse: 455t
- Volumen (bewohnbar): < 1000m³
- Geschwindigkeit: 28000km/h
- Elektrische Leistung: 120kW
- Forschungskapazitäten u.a. von internationalen Raumfahrtagenturen (NASA, Roscosmos, JAXA, ESA)

1. Die Raumstation ISS – Versorgungsraumschiffe –



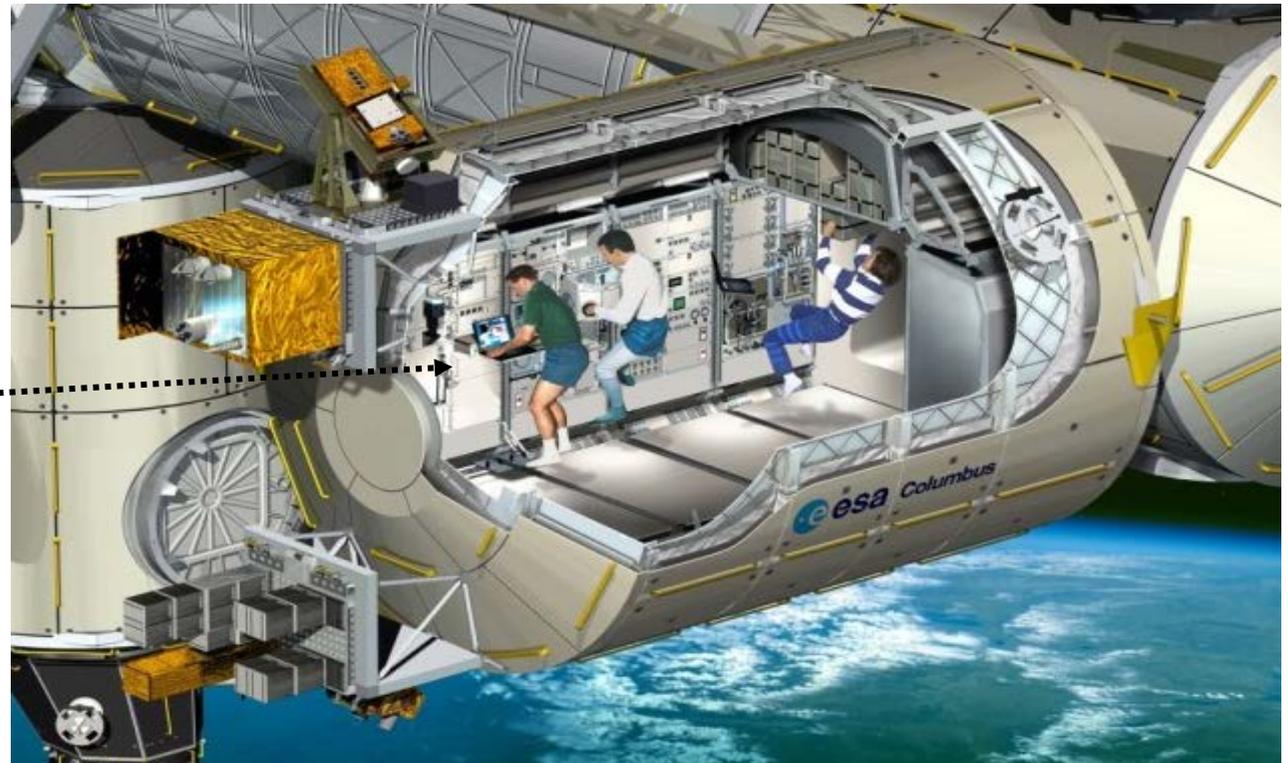
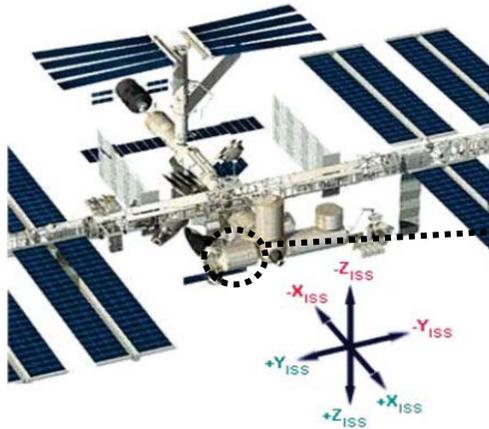
Progress/Soyuz (Energia)



This document and its content is the property of Astrium [Ltd/SAS/GmbH] and is strictly confidential. It shall not be communicated to any third party without the written consent of Astrium [Ltd/SAS/GmbH].

1. Die ISS

– COLUMBUS Weltraumlabor –

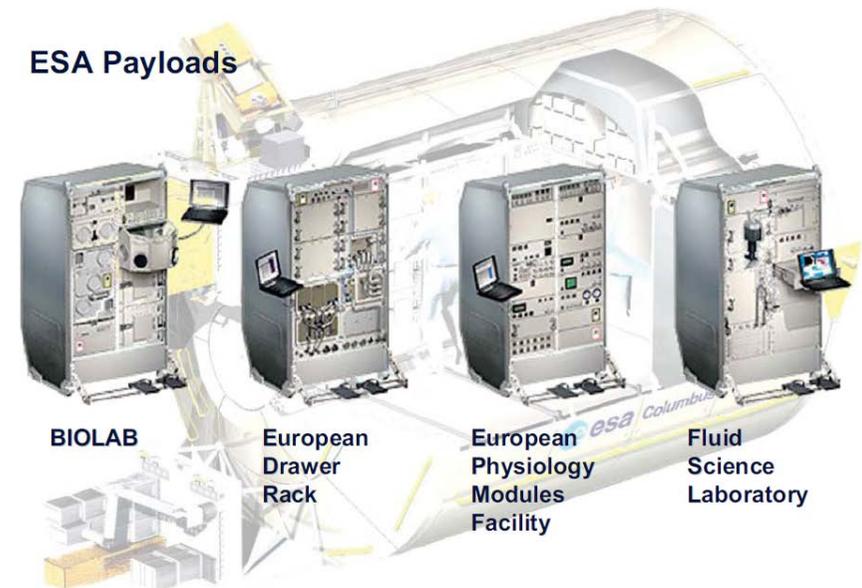


- seit Sep 2008 an NODE2
- Maße: 6,7m x 4,5m Ø
- Masse: 12 t
- Elektrische Leistung: ca. 20kW
- für 3 Astronauten
- Ressourcen: Vakuum + Venting, Kühlflüssigkeit, LAN, elektr. Anschlüsse 28/120VDC

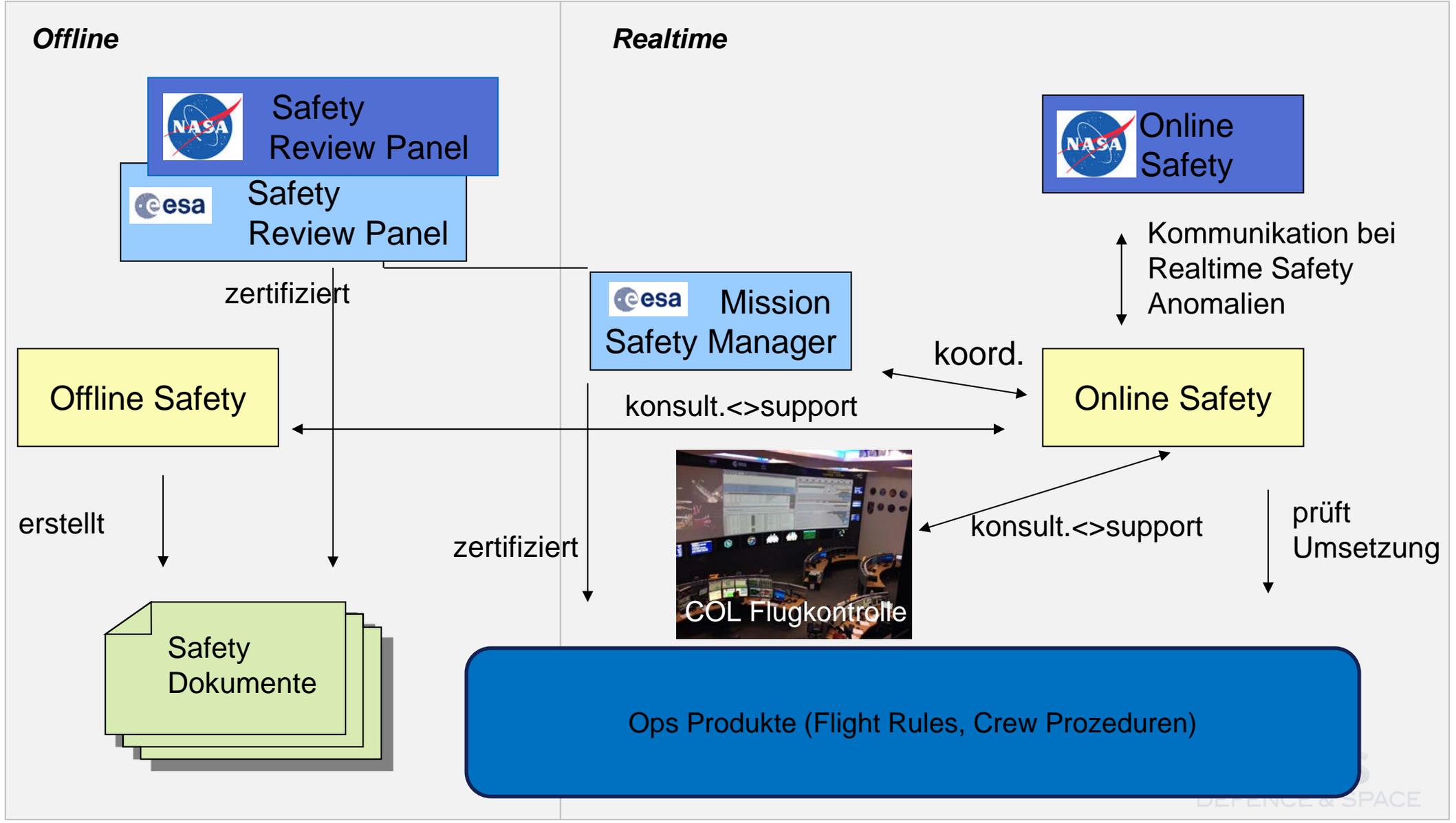
1. Die ISS

– COLUMBUS Weltraumlabor –

- Forschung + kommerzielle Applikationen:
 - Gravitationsbiologische / –physische Wissenschaften
 - Humanphysiologie
 - Materialwissenschaften
 - Flüssigkeitsphysik
 - Technologieentwicklung und –demonstration



2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Prozess und Verantwortung –



This document and its content is the property of Astrium [Ltd/SAS/GmbH] and is strictly confidential. It shall not be communicated to any third party without the written consent of Astrium [Ltd/SAS/GmbH].

2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“



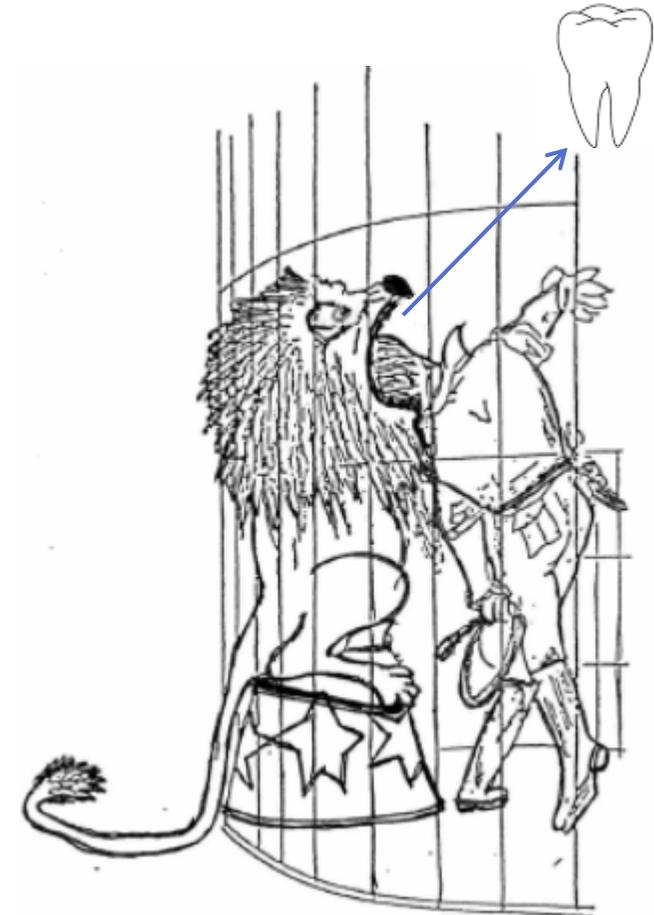
2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“
 1. Eliminierung



2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“
 1. Eliminierung
 2. Reduktion



This document and its content is the property of Astrium [Ltd/SAS/GmbH] and is strictly confidential. It shall not be communicated to any third party without the written consent of Astrium [Ltd/SAS/GmbH].

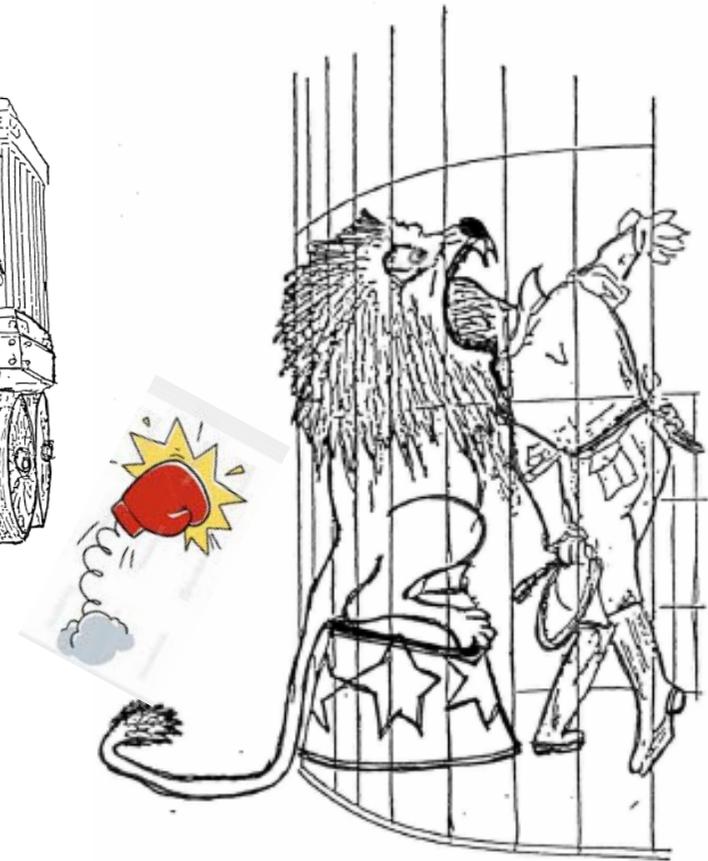
2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“
 1. Eliminierung
 2. Reduktion
 3. Design Hazard Controls:
Barrieren und Sperren



2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“
 1. Eliminierung
 2. Reduktion
 3. Design Hazard Controls:
Barrieren und Sperren
Fail-safe Design (z.B. Deaktivierung)

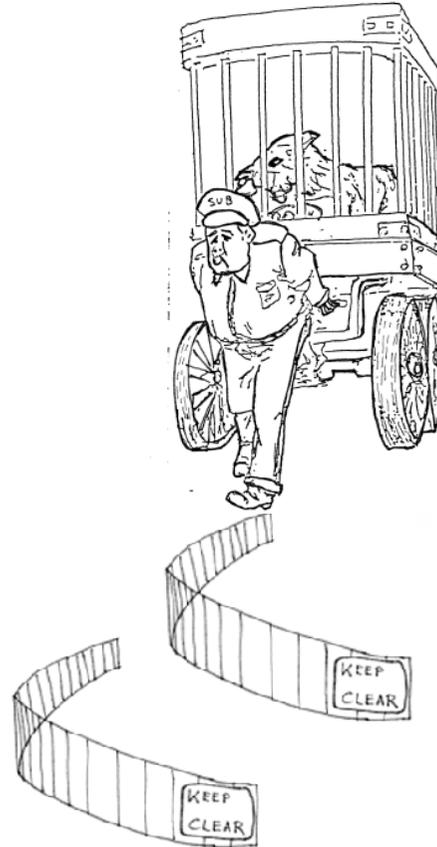


2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“
 1. Eliminierung
 2. Reduktion
 3. Design Hazard Controls:
 - Barrieren und Sperren
 - Fail-safe Design
 - Failure risk Minimierung



Failure
Tolerant Design



This document and its content is the property of Astrium [Ltd/SAS/GmbH] and is strictly confidential. It shall not be communicated to any third party without the written consent of Astrium [Ltd/SAS/GmbH].

2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“
 1. Eliminierung
 2. Reduktion
 3. Design Hazard Controls:
 - Barrieren und Sperren
 - Fail-safe Design
 - Failure risk Minimierung

Failure
Tolerant Design

Design For
Minimum Risk



2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Konzepte zum Umgang mit „Hazards“
 1. Eliminierung
 2. Reduktion
 3. Design Hazard Controls:
Barrieren und Sperren
Fail-safe Design
Failure risk Minimierung
 4. Operationelle Hazard Controls:
-müssen verifizierbar sein
-werden in Ops Produkten (Flight Rule oder Crew Prozedur festgehalten)



Weg prüfen!



Aufwickeln oder
def. Verlegung

2. Sicherheit in bemannter Raumfahrt – Konzepte –

- Weitere Konzepte in der bemannten Raumfahrt:
 - Emergency, Caution and Warning
 - Fire Protection
 - Crew Escape / Safe Haven
 - Safe without Service
 - Design To Contain
 - Crew Training
 - Persönliche Schutzausrüstung

3. Materialsicherheit – Entflammbare Stoffe –

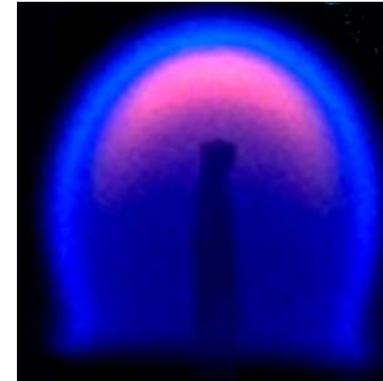
Auswahl von Materialien hinsichtlich:

- Entflammbarkeit



Feuer in μ -Schwerkraft

- Material verbrennt langsamer + für kürzere Zeit
- Rauch steigt nicht auf, sondern folgt Luftstrom
- Ruß bleibt länger in der Flamme und agglomeriert zu größeren Partikeln



Konzept zur Kontrolle von Feuergefahr

1. Materialkontrolle (nichtflammbares Material, Eindämmung von brennbaren Stoffen, Ausbreitungsverhinderung)
2. Elektr./elektron. Einheiten (kurzschlussfest, Hitzequellen kontrollieren, Sicherheitskonzept, De-rating)
3. Luftzusammensetzungsregulierung (O_2 -Konzentration max. 24.5%, O_2 Leckageeindämmung)

3. Materialsicherheit – Mikrobielles Wachstum –

Auswahl von Materialien hinsichtlich:

- Entflammbarkeit
- Mikrobielles Wachstum (Bakterien/Pilze)

Mikrobielles Wachstum

- Material: Wachstumsresistenz vs „Eigenresistenz“ (nährend)
- Kategorisierung in Abhängigkeit von Umgebung

- Splitternde Eigenschaften

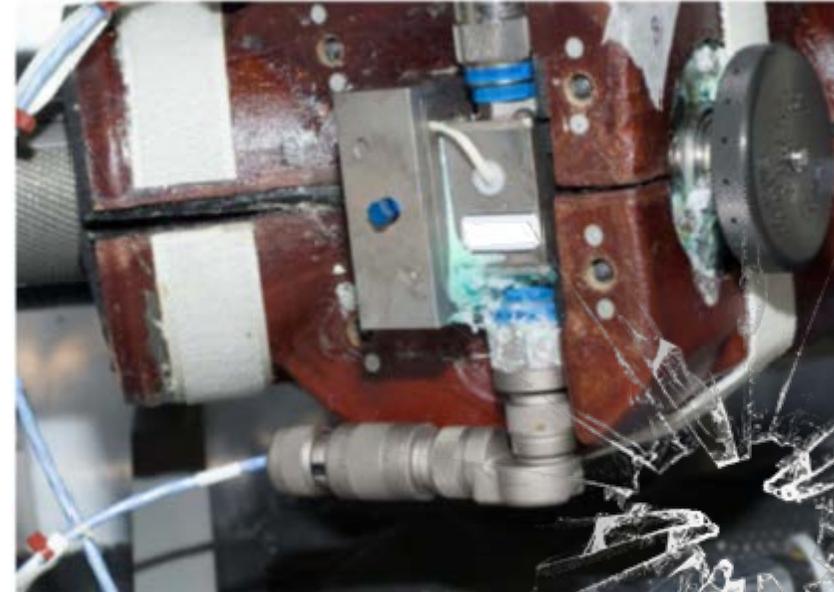
Splitternde Materialien

Intravehikular:

- Ausreichend Schutz erreicht, wenn Partikel $\leq 50\mu\text{m}$ nicht in die Umgebung gelangen

Extravehikular:

- Ausreichend Schutz erreicht, wenn Partikel $\leq 0.25 \text{ lbs (0,113 kg)}$



3. Materialsicherheit – Ausgasende Stoffe –

Auswahl von Materialien hinsichtlich:

- Entflammbarkeit
- Mikrobielles Wachstum (Bakterien/Pilze)
- Splitternde Eigenschaften
- Ausgasen

Ausgastests

Identifizierung und Quantifizierung der volatilen Ausgasprodukte für Materialien und montierte Hardware

Screening auf Materiallevel:

- Menge von Kohlendioxid [$\mu\text{g/g}$]
- Menge von allen organischen Verbindungen [$\mu\text{g/g}$]

Genereller Test bei montierter HW

- Identifizierung und Quantifizierung aller Kontaminationsstoffe
- Anwendung des T-Wertes (Toxic Hazard Index) für Acceptance



3. Materialsicherheit – Ausgasende Stoffe –

Auswahl von Materialien hinsichtlich:

- Entflammbarkeit
- Mikrobielles Wachstum (Bakterien/Pilze)
- Splitternde Eigenschaften
- Ausgasen

Ausgastestprozedur

- ausgeschaltete Einheit für 72h bei 1bar + 50°C (vorab 30-40s Vakuum)

Acceptance Limits: Screening Test

- CO < 25µg/g Material
- Total Organ.< 100µg/g Material

Acceptance Limits: Genereller Test

- kein festgelegte Grenze, Daten werden vom Safety Review Panel ausgewertet

3. Materialsicherheit – Ausgasende Stoffe –

Auswahl von Materialien hinsichtlich:

- Entflammbarkeit
- Mikrobielles Wachstum (Bakterien/Pilze)
- Splitternde Eigenschaften
- Ausgasen

Acceptance Limits: Genereller Test

- Die Quantität der Kontaminationsstoffe in Relation zum Raummodul -/schiffvolumen unterhalb des SMAC-Wertes
- T-Wert muss unter 0,5 sein
- T-Wert wird bestimmt durch Berechnung des Verhältnisses der getesteten Konzentration (korreliert auf Volumen [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]) und der erlaubten Konzentration jedes Stoffes und Aufaddieren aller

$$T = C_1/\text{SMAC}_1 + C_2/\text{SMAC}_2 \dots + C_n/\text{SMAC}_n < 0,5$$

SMAC = Space Maximum Allowable Concentration

4. Gefährliche Stoffe

Klassifizierung:

In Abhängigkeit von

- physiochemischen Eigenschaften
- Quantität
- Biologische Effekte
- Möglichkeit der Entfernung aus Raummodul -/schiffvolumen

durch NASA Toxikologen in

- Toxic Hazard Level (THL) 1-4

Design to Contain (Einkapselung):

- Jede Einkapselung muss unabhängig getestet + verifiziert sein
- Inspektionsmöglichkeit und Vakuum sind akzeptable Einkapselungsäquivalente



THL Klassifizierung	Anzahl der Einkapselung
0 (non-hazard)	eins
1 (critical hazard)	zwei
2,3,4 (catastrophic)	drei



Fragen?

This document and its content is the property of Astrium [Ltd/SAS/GmbH] and is strictly confidential. It shall not be communicated to any third party without the written consent of Astrium [Ltd/SAS/GmbH].