

# Challenger-Katastrophe

Raffael Dzikowski, Enno Gröper

Institut für Psychologie  
der Humboldt-Universität zu Berlin

25. Juni 2008

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

- die Challenger ist die 3. Raumfähre der NASA
- sie sollte am 28.01.1986 den Kommunikationssatelliten TDRS-2 und die Grundschullehrerin Christa McAuliffe ins All befördern
- McAuliffe sollte live aus dem Weltall unterrichten

- die Challenger zerbrach 73 Sekunden nach dem Start in rund 15 km Höhe
- alle 7 Astronauten starben
- Unglück führte zur vorübergehenden Einstellung des NASA Shuttle-Programms
- Ursache war ein Fehler an den Dichtungsringen der Feststoffraketen (Booster)

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

- ursprünglich angesetzt für 22.01.1986
- wegen Verzögerungen bei voriger Mission Verschiebung um 2 Tage
- Wegen schlechten Witterungsverhältnissen verschoben auf 28.01.
- am 28.01. weitere Verschiebung um 1 Std. wegen techn. Problem im Wasserstofftank
- weitere Verschiebung um 1 Std. um Eis schmelzen zu lassen

- T+0.000 Start
- T+19.000 Looks like We've got a lotta wind here today.
- T+35.379 Drosselung Haupttriebwerke auf 65%
- T+51,860 Haupttriebwerke fahren wieder auf ihre Nominalleistung hoch; Erreichen der Zone des maximalen aerodynamischen Druckes (maxQ)
- T+72.525 Stichflamme auf der rechten Seite
- T+73.000 letztes Statement von einem Crewmitglied (Pilot: "Uh oh...")
- T+73.162 Explosion der Raumfähre



# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?**
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 **Wie kam es zu dem Unglück?**
  - Die technische Seite
    - Entscheidungsstrukturen
    - Fehler
    - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

- kalte Dichtungsringe können nicht abdichten
- Aluminiumschlacke verschliesst die Lücke
- starke Seitenwinde lösen die Schlacke

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?**
  - Die technische Seite
  - **Entscheidungsstrukturen**
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

# Entscheidungsstrukturen

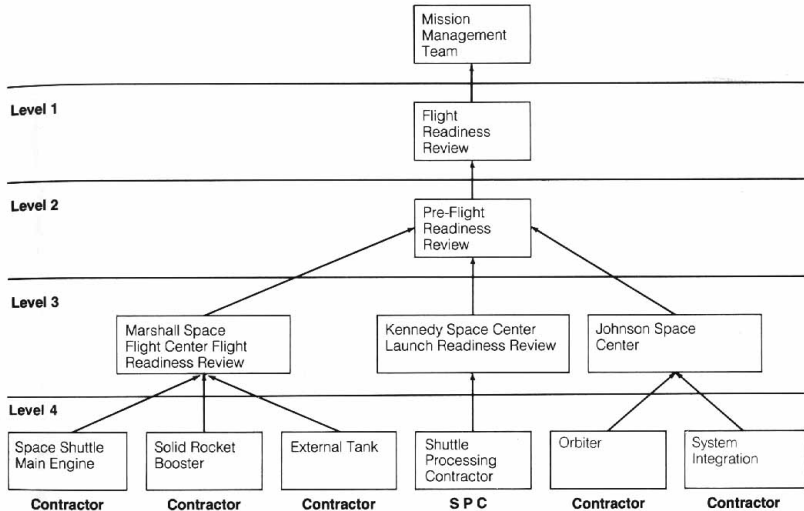
- 4 Level für Zuständigkeiten (Level IV → I)
  - Level IV: Vertragspartner für Shuttle-Teile. Verantwortlich für Design und Produktion der Bauteile
  - Level III: Programm-Manager verantwortlich für Entwicklung, Tests und Lieferung der Bauteile zum Startplatz
  - Level II: Manager des National Space Transportation Programms, verantwortlich für Zeitplan und Anforderungen des Programms; Führt technische Untersuchungen im Auftrag von Level I durch
  - Level I: Associate Administrator of Spaceflight. Verantwortlich fürs Budget und technische Fragen auf höchster Ebene

# Flight Readiness Review

- mehrstufiger Review Prozess, soll Informationsfluss von Vertragspartnern bis zu Level I geben
- Level IV: Interne Untersuchung und Zertifizierung, dass die jeweiligen Bauteile flugbereit sind
- Level III: Review bestätigt Bereitschaft der Startunterstützungselemente
- Level II: Shuttle Readiness Review
- Level I: Flight Readiness Review

# Flight Readiness Review Übersicht

## Readiness Reviews



# Shuttle Readiness Review

- sollte Level I Review Team mit ausreichenden Informationen versorgen, um eine unabhängige Entscheidung zur Flugtauglichkeit zu treffen
- Untersuchung beseitigter Probleme und Anomalien und Sicherung der gefundenen Lösungen
- Besprechen von allen Problemen, offenen Punkten und Nebenbedingungen, die vor dem Flug gelöst werden müssen



# Level I Flight Readiness Review

- Level I Flight Readiness Review 15.01.1986
- Review aller Aktivitäten und Elemente, die für eine sichere Missionsdurchführung notwendig sind
- stellt Mission Management Team (MMT) auf, dass für die 48h vor dem Start für die Flugtauglichkeit des Shuttles verantwortlich ist
- 24h vor Start findet MMT-Meeting statt, wo alle offenen Punkte, Aktionen zur Herstellung der Flugtauglichkeit und Diskussion neuer oder bestehender Anomalien stattfindet

## Notiz der Untersuchungskommission

it is standard practice of Level I and Level II officials to encourage the reporting of new problems or concerns that might develop between the Flight Readiness Review and the L-1 meeting and between the L-1 and the launch.

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?**
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

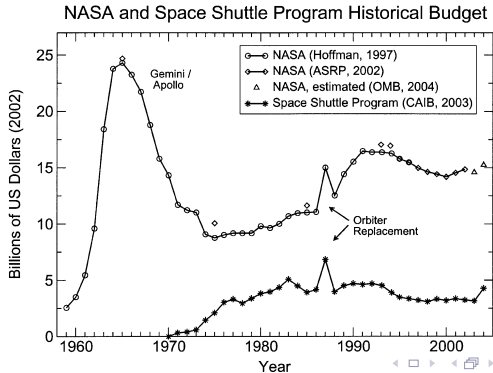
# Faktorenklassen für das Challengerunglück

- 1 Einflussfaktoren aus dem Umfeld
  - politisch
  - wirtschaftlich
- 2 Menschliche Einflussfaktoren (Entscheidungsfehler)
- 3 Materialfehler

# Entscheidungsumfeld

## Das Shuttleprogramm

- Ende der 60er Jahre gestartet
- kein klar definiertes Ziel (Hilfsprojekt)
- Rückhalt in Politik und Wirtschaft gering



# Ausschreibung für Shuttleboosterproduktion

Beispiel für Auswirkungen der Mittelkürzungen

- im Jahre 1974 erhält Morton Thiokol den Zuschlag als Shuttleboosterproduzent für die NASA
- MTI hatte sich gegen drei Mitbewerber durchgesetzt

## Beurteilung für MTI

- 4. Platz hinsichtlich Design (technische Mängel)
- 2. Platz hinsichtlich Support und Produktion
- 1. Platz hinsichtlich der Beurteilung des Managements

# Entscheidungsumfeld

## Das Shuttleprogramm

### Umworbene Vorteile

- Vielseitigkeit
- Wiederverwendbarkeit

### Nachteile für NASA

- schwer zu managen (Zufriedenstellung verschiedenster Auftraggeber)
- Programm sollte sich möglichst selbst tragen

# Entscheidungsumfeld

## Das Shuttleprogramm

- voreiliger Übergang von Entwicklungsphase zur operationalen Phase
- Ziel: Möglichst viele Missionen absolvieren (Rentabilität)

### Folge:

Negativer Einfluss auf Entscheidungsstruktur und getroffene Entscheidungen.

### Politischer Druck:

Rede von Präsident Reagan zur Lage der Nation.



15. Januar Level I FRR: Alle Elemente einsatztauglich (kein Wort von einem Boosterproblem im Bericht zu lesen).
25. Januar L1-Mission-Management-Teamtreffen. Status: Alle Mängel beseitigt.
- Einziges Problem: Wetterbedingungen zum Startzeitpunkt.
27. Januar L1-Mission-Management-Team beschließt den Start wegen schlechter Wetterbedingungen zu verschieben (starke Winde).
- neuer Startzeitpunkt: 28. Januar 9:38 Uhr.

14:00 Uhr: Robert Ebeling erfährt von Temperaturvorhersagen für die nächsten Stunden ( $-6^{\circ}\text{C}$  am frühen Morgen,  $-3^{\circ}\text{C}$  zur Startzeit)

- Treffen mit anderen Ingenieuren zur Besprechung der Temperatureinflüsse auf die Feldverbindungen an den Boostern.

## Problem

Temperaturen liegen außerhalb der Erfahrungswerte.

Bedenken werden an Thiokol Management weitergeleitet.

- Thiokol Management beschließt, die verantwortlichen NASA-Level-III-Manager über Bedenken zu informieren
- Die Bedenken sollten mit ihnen ausdiskutiert werden

## Modus

Group Decision Support System (GDSS) sah Telefonkonferenz vor

# Die Telefonkonferenz (Grobüberblick)

## Fakten

- reine Telefonkonferenz (kein Videobild vorhanden)
- drei verschiedene Orte:
  - Kennedy Spaceflight Center, Florida
  - Marshall Spaceflight Center, Huntsville
  - Wasatch, Utah (MTI Zentrale)
- Materialien mussten per Fax ausgetauscht werden

Abgelaufen in zwei Phasen

# Tefonkonferenz — Erste Phase

## Inhalte

- erste Diskussion der Temperatureinflüsse auf die O-Ringe

## Ergebnisse

- Thiokol empfiehlt, Start zu verschieben
- Abbruch zwecks Datensammlung und Hinzuziehen von Personal

## Empfehlungen

- Dr. Lucas (Dir. MSFC) und Kingsbury (Dir. Science & Engineering MSFC) einbeziehen
- Planung für Eskalation auf Level II einleiten

# Zwischen den Konferenzen

- Mr. Reinartz (Mgr. Shuttle Projects Office) erhält eine Empfehlung, die Situation auf Level II zu eskalieren (telefonisch)
- hat die Chance, beide Empfehlungen umzusetzen (im Motelzimmer von Mr. Lucas)

Obwohl alle relevanten Personen anwesend sind, unterlässt er es (kein Informationsfluss nach oben)

# Telefonkonferenz — Zweite Phase

- Charts waren in der Zwischenzeit an alle Beteiligten gefaxt worden
- ursprünglich angesetzte Teilnehmer waren nun alle anwesend

## Verlaufsskizze

- MTI präsentiert Daten über O-Ring-Erosionen und Blow-Bys (des primären O-Rings)
- Ingenieure versuchen Temperatureinflüsse auf Versiegelungseigenschaften der O-Ringe darzulegen
- stärkster Blow-by bisher: STS-51C, Jan 1985 (O-Ring-Temperatur: 12° C).

# Telefonkonferenz — Zweite Phase

## Verlaufsskizze

### Thiokol Empfehlung:

Kein Start bei niedrigerer Temperatur als 12° C (Abbruch).

### Reaktion der NASA-Manager

Missmutige Kommentare (Infragestellung der Empfehlung).

### Reaktion von Thiokol

Bitte um eine *offline*-Beratungszeit.



# Die Beratungszeit

Dauer: 30 Min

## Festlegung:

- Entscheidung soll vom Management getroffen werden

Meinungen der Ingenieure werden ignoriert, obwohl sie aktiv Kontraargumente anbringen.

## Resultat der Beratungen

- Meinungsumschwung (Daten liefern keinen Beweis, dass die O-Ringe versagen würden)

# Wiedereintritt in die Konferenz

- Thiokol präsentiert die Ergebnisse und gibt Startempfehlung
- NASA-Verantwortliche fragen nach weiteren Einwänden

## Ingenieure

- hatten keinen Einfluss auf Entscheidungscharts
- haben ihre Meinung nicht revidiert
- bleiben stumm

# Eis auf der Startrampe

- Team inspiziert Eisbildung auf der Rampe
- unter anderem wird die Booster-Temperatur gemessen
  - linker Booster:  $-4^{\circ}\text{C}$
  - rechter Booster:  $-13^{\circ}\text{C}$

Es gab keine Launch Commit Criteria für Boostertemperatur  $\Rightarrow$  nicht weitergereicht.

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?**
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - **Analyse der Fehler**
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

- Modus Telefonkonferenz (nonverbaler Kommunikationskanal fehlt)
- Unterbrechung der Konferenz zugunsten privater Gespräche (entgegen dem Zweck des GDSS)

- Scrub-Entscheidung in Gruppe unpopulär (Argumente für den Start trafen auf Unterstützung, Argumente dagegen auf Missmut)
- Alle Gruppenmitglieder fühlen sich den Gruppennormen verpflichtet (kein guter Nährboden für ausgewogene Entscheidungen)
- Alle Beteiligten verspürten hohen Druck (Thiokol seitens der NASA, die NASA seitens der Auftraggeber)

## Thiokol

- Ingenieure standen bei Erzeugung der Charts unter Zeitdruck. Zogen u.a. Charts aus der Vergangenheit heran, auf Grund derer für eine Startentscheidung plädiert worden war (widersprüchliche Informationen)
- Es hatte ein Rollentausch stattgefunden (Beweislast des Misserfolgs bei Ingenieuren)
- Thiokol wollte großen Auftraggeber nicht verlieren

## NASA-Verantwortliche

- Problem wurde nicht eskaliert, (an Level II und I) obwohl es schon längere Zeit bekannt war
- NASA-Verantwortliche verspürten hohen Druck zum Start (zu viele Verzögerungen, zu großes Interesse)
- Risikobereitschaft (es hatte noch nie zuvor ein Unglück gegeben)



# Die Fehlentscheidung zur Offline-Beratungszeit

## Einschätzung

Gravierender Fehler, da dadurch ein Meinungsumschwung bei Thiokol stattgefunden hat.

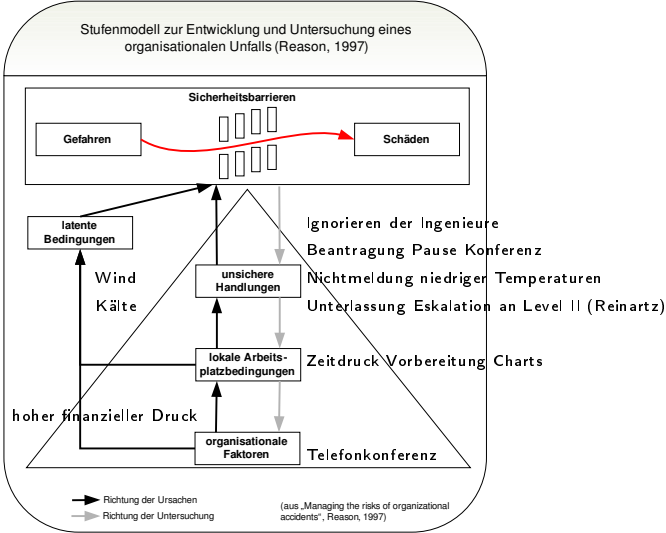
- Konformitätsdruck zu dieser Zeit am Größten
- Symptome von Groupthink extrem sichtbar
- Sanktionierung/Ausblendung von abweichenden Positionen (Managemententscheidung  $\Rightarrow$  Mindguarding)
- Aufforderungen zur Konformität werden offen ausgesprochen ("Take off your engineering hat [...]")
- im Anschluss an die Beratungspause: Selbstzensur der Ingenieure

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe**
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

- 3 Gruppen
  - Gruppe 1: Fehler in Stufenmodell von Reason einordnen
  - Gruppe 2: Verbesserungsvorschläge aus Ingenieurssicht
  - Gruppe 3: Maßnahmen, um Wiederholung zu verhindern
- 10 Minuten Zeit, dann Zusammenfassung

# Einordnung nach Reason



# Verbesserungen aus Ingenieurssicht

- Ingenieursbedenken müssen nach oben weitergereicht werden (z.B. im Anhang an Entscheidungen)
- Ingenieure müssen in Entscheidungen einbezogen werden
- es sollte extra Kanäle für die Ingenieure geben, die die Hierarchie umgehen, damit Sie Bedenken weitergeben können
- Bereitstellung von Mitteln für die Weiterentwicklung / Behebung von Schwachstellen

# Empfehlungen der Rogers Kommission

- Redesign und Requalifizierung der Feststoffraketen
- Anpassung der Management-Struktur
- Einrichtung eines Büros für Sicherheit, Zuverlässigkeit und Qualitätssicherung mit direkter Autorität für Sicherheitsbelange
- schlechtem Informationsfluss bei Marshall SFC entgegenwirken
- Astronauten ins Management aufnehmen (bringen Flugenerfahrung und Orientierung auf Sicherheit)
- Aufzeichnung der Flight Readiness Reviews
- Flugrate an vorhandene Ressourcen anpassen
- Etablierung eines Systems zur Analyse und Bericht

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

# Folgen des Unglücks

- Neudesign und Requalifizierung der Feststoffraketen (SRB)
- Anpassung der Verwaltungsstruktur, um Kommunikationsdefizite zu verhindern
- Einrichtung eines Büros für Sicherheit, Zuverlässigkeit und Qualitätssicherung (allerdings ohne direkte Autorität wie empfohlen)
- Organisationskultur blieb aber erhalten





# Columbia Katastrophe



- am 1. Februar 2003 brach die Raumfähre Columbia bei Wiedereintritt in die Erdatmosphäre in 60km Höhe auseinander
- bei Start hatte sich Schaumstoff gelöst, der die Vorderseite des Flügels traf und somit eine der besonders wichtigen Carbon-Carbon-Kacheln traf
- die Probleme des sich lösenden Schaumstoffs waren bekannt und wurden als unkritisch eingestuft
- Ingenieure wollten mittels Satellitenbildern prüfen wo das Shuttle getroffen wurde, um evtl. noch Maßnahmen einleiten zu können. Dies wurde vom NASA Management abgelehnt

- bekannte Probleme wurde aufgrund von äußerem Druck (politisch, finanziell) kontinuierlich heruntergestuft
- "faster, better, cheaper" NASA-Motto
- Shuttle als produktives Fluggerät, dass sich selbst finanzieren sollte, mit entsprechendem Termindruck statt als Forschungsobjekt
- Zusammenarbeit mit Teile-Herstellern als "contractors" an Stelle von kollaborativer Zusammenarbeit, wodurch Behebung von Mängeln / Weiterentwicklung behindert wird

# Übersicht

- 1 Einführung
- 2 Chronologie
- 3 Wie kam es zu dem Unglück?
  - Die technische Seite
  - Entscheidungsstrukturen
  - Fehler
  - Analyse der Fehler
- 4 Gruppenaufgabe
- 5 Zusammenfassung
- 6 Quellen

-  Report of the Presidential Commission on the Space Shuttle Challenger Accident.  
besonders: *Chapter V: The Contributing Cause of The Accident*  
June, 1986.  
URL: <http://history.nasa.gov/rogersrep/genindex.htm>
-  Jeff Forrest.  
The Space Shuttle Challenger Disaster:  
*A failure in decision support system and human factors management.*  
October, 2005  
URL: <http://dssresources.com/cases/spaceshuttlechallenger/index.html>

-  National Aeronautics and Space Administration  
Transcript Of The Challenger Crew Comments From The  
Operational Recorder.  
URL: <http://history.nasa.gov/transcript.html>
-  Mark Salita.  
Shuttle Disasters: A Common Cause?  
*Aerospace America*  
*2004, VOL 42; PART 3, pages 41-43*  
URL: [http://www.aiaa.org/aerospace/images/  
articleimages/pdf/salitamarch04.pdf](http://www.aiaa.org/aerospace/images/articleimages/pdf/salitamarch04.pdf)



David Mosey

Institutional Failure.

*Root cause analysis of accidents in a variety of industries.*

*The Loss of the Challenger*

URL: [http://institutionalfailure.com/?page\\_id=8](http://institutionalfailure.com/?page_id=8)



Engineering Ethics.



The Space Shuttle Challenger Disaster.

Department of Philosophy and Department of Mechanical Engineering.

Texas A&M University

URL:

<http://ethics.tamu.edu/ethics/shuttle/shuttle1.htm>

-  Joseph Lorenzo Hall  
Columbia and Challenger: organizational failure at NASA  
Astronomy Department/School of Information Management and  
Systems.  
University of California at Berkeley  
URL: <http://josephhall.org/papers/nasa.pdf>
-  Report of Columbia Accident Investigation Board, Volume I  
Aug, 2003.  
URL:  
[http://www.nasa.gov/columbia/home/CAIB\\_Vol1.html](http://www.nasa.gov/columbia/home/CAIB_Vol1.html)



Daniel Jahn

"Challenger"-Unglück verfolgt Nasa bis heute

Spiegel Online 28.01.2006

URL: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/0,1518,397658,00.html>



"Columbia"-Abschlussbericht

*Schwere Vorwürfe gegen die Nasa*

Spiegel Online 26.08.2003

URL: <http://www.spiegel.de/wissenschaft/weltall/0,1518,262994,00.html>





Columbia (Raumfähre)

deutsche Wikipedia 13. Juni 2008

URL: [http:](http://de.wikipedia.org/wiki/Columbia_(Raumf%C3%A4hre))

[//de.wikipedia.org/wiki/Columbia\\_\(Raumf%C3%A4hre\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Columbia_(Raumf%C3%A4hre))



STS-51-L

deutsche Wikipedia 13. Juni 2008

URL: <http://de.wikipedia.org/wiki/STS-51-L>