**Zeitschrift:** Schweizer Ingenieur und Architekt

**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine

**Band:** 104 (1986)

**Heft:** 10

**Artikel:** Challenger Mission 51L: Raumfähren-Startunglück vom 28. Januar 1986

**Autor:** BP

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-76093

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 03.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Challenger Mission 51L

## Raumfähren-Startunglück vom 28. Januar 1986

**Eine Herausforderung aller Kräfte – so unterstreicht der Name der im tragischen Unglück zerstörten Raumfähre Challenger – ist das ehrgeizige Programm der USA, den erdnahen Weltraum für die Menschheit zu erschliessen. Über die direkte Zielsetzung hinaus fordert die Raumfahrt den Pioniergeist heraus, grösste Systeme auch unter Einschluss komplexer Entwicklungen zu beherrschen, die mit Grenztechnologien ins Neuland vorstossen. Bei komplexen Systemen können die ungewissen Randbedingungen nicht alle bekannt sein, und sicher nicht alle Wechselwirkungen.**
**Das Unglück vom 28.1.1986 – persönliche Tragödie für die sieben Besatzungsmitglieder und noch mehr für ihre Angehörigen – ist für die Raumfahrt ein harter Rückschlag. Die Raumfahrt wird jedoch weitergehen, ihren Weg vielleicht ändern; sie wird weitere Rückschläge hinnehmen müssen, doch aufhalten lässt sie sich nicht.**

### Der Unfall

Was am 28.1 auf der Startplattform 39 B des Kennedy-Raumfahrtzentrums wie die eingespielte Routine begann, die *J.-P. Weibel* mit einer Besuchergruppe am 29.4.1985 bei einem erfolgreichen Start der gleichen Fähre Challenger miterlebte (Ingénieurs et architectes suisses H.4/86 S. 33), schlug eineinviertel Minuten nach dem Start in die Katastrophe um. Weltweit flimmerten die Schreckensbilder der gewaltigen Explosion über die Fernsehschirme der konsternierten Zuschauer. Nach 24 geglückten Missionen schien das Unglück unglaublich und unerklärlich.

Bevor die Untersuchungen voll angelaufen waren, wandten sich die Tagesmedien in der Flut der Geschehnisse neuen Aktualitäten zu. Kurzmeldungen über den Gang der Untersuchungen und der Trümmerbergung gelangen ab und zu noch auf die hinteren Seiten. Dem Ingenieur bleibt die Auseinandersetzung mit den Ursachen und Zusammenhängen.

### Aufbau und Konstruktion

Die wiederverwendbare Raumfähre führt den Treibstoff für die Haupttriebwerke – fast 1,5 Mio. l flüssigen Wasserstoff und rund 0,54 Mio. l flüssigen Sauerstoff – in einem grossen Aussentank mit, der ebenso wie die zwei Minuten nach dem Start leergebrannten Feststoff-Zusatzraketen abgesprengt wird. Bei der Landung setzt die Raumfähre wie ein normales Flugzeug auf der Landepiste auf, verfügt dabei aber über keine Antriebskraft mehr; ein Durchstarten bei Gefahr ist ausgeschlossen.

Der komplexe Aufbau (Bild 1) deutet auf die enormen Schwierigkeiten hin, unter welchen die erforderliche Schubkraft für grosse Nutzlasten überhaupt aufgebracht werden kann.

Neben der Zuverlässigkeit und Sicherheit – die in der unbemannten Raumfahrt ebenso wichtig ist (Absturzgefahr

*Bild 1. Zusammenbau der Raumfähre mit dem Treibstofftank, an welchem links und rechts je eine Feststoff-Zusatzrakete befestigt ist. Die Verbindungsstellen zwischen den zylindrischen Teilstücken der Zusatzraketen sind als dunkle Bänder sichtbar. Im unteren Bildteil die Verbindungsstreben (Bild Keystone/AFP Photo/Nasa/r)*

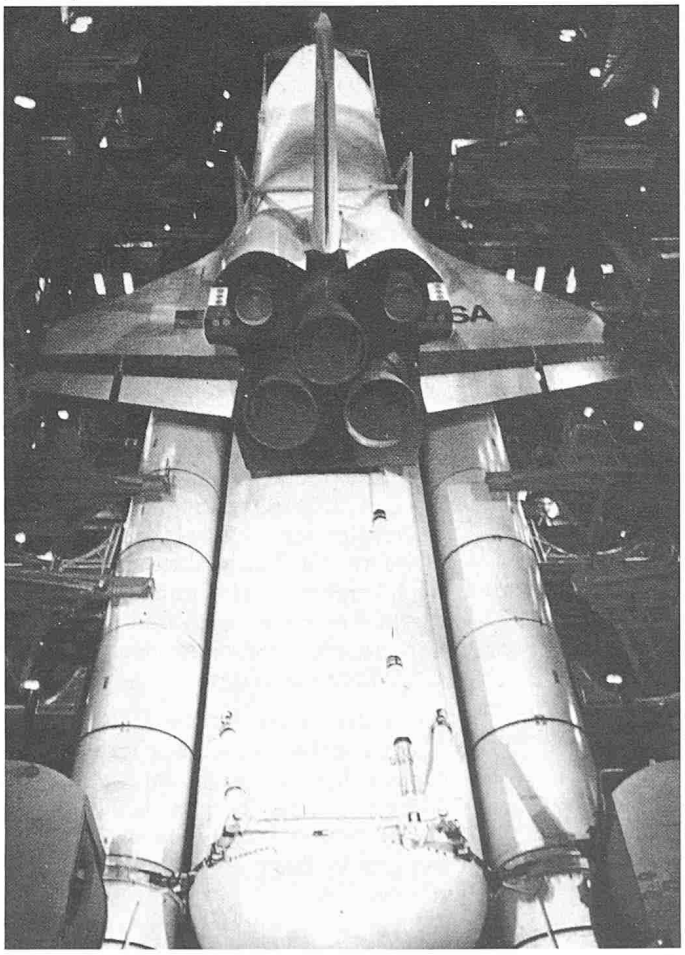
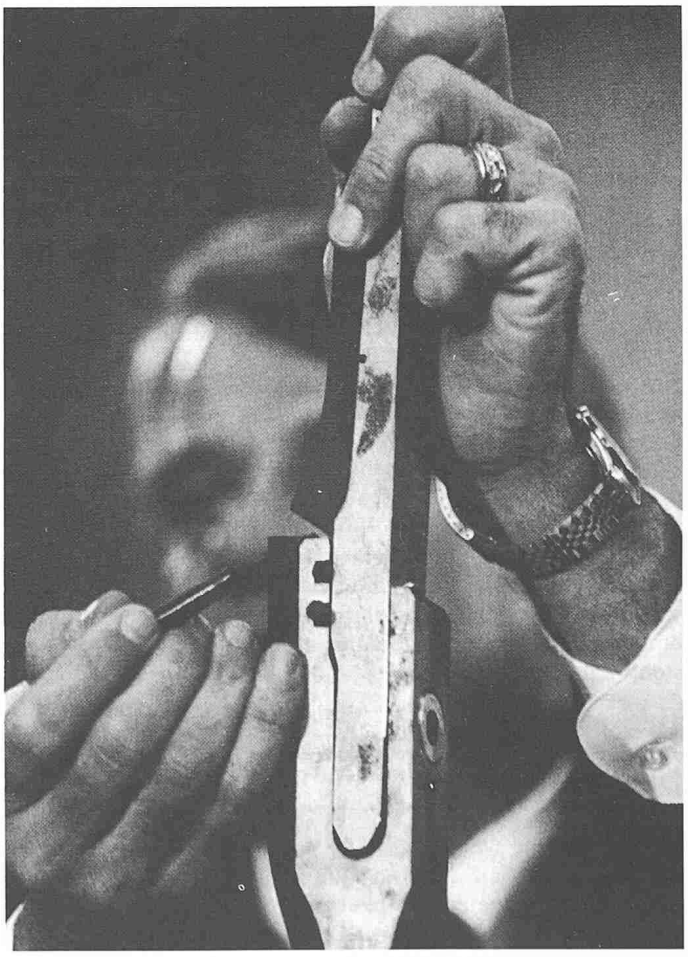


*Bild 2. Querschnitt der Verbindungskonstruktion zwischen den Teilstücken der Zusatzraketen. Der Zeigestift weist auf die Unterbruchstelle der inneren Isolationsschicht auf dem Stahlmantel (Bild Keystone/AFP Photo/Don Embert/db)*



gefährlicher Lasten wie z. B. Plutoniumreaktoren) – und dem geringstmöglichen Gewicht spielen auch die Kosten der Bauelemente eine wichtige Rolle, müssen doch Regierung und Kongress jeweils die Gelder für Raumfahrtsprojekte bewilligen.

**Feststoffrakete**

Die laufenden Untersuchungen aller denkbaren Ursachen richten sich besonder auf die Konstruktion der Feststoffraketen (Bilder 2 und 3).

Aus Kosten- und Herstellungsgründen wurde ein modularer Aufbau des Raketenkörpers (Hersteller Morton Thiokol Inc.) gewählt. Die zylindrischen Teilstücke des Stahlmantels sind mittels Stahlbolzen zusammengehalten, die radial durch die Lippen des unteren Teils und den untern Rand des oberen Teils eingefügt sind (Bilder 2 und 3). Der konische Ringspalt zwischen den Packungen des festen Treibstoffes im oberen und untern Teilstück wird mittels asbestgefülltem Zink-Chromat-Kitt abgedichtet, der in 1/8″-Streifen aufgetragen wird und die die O-Ringe aus Gummi schützen soll, die in Ringnuten in der inneren Verbindungslippe eingelegt sind. Auf der Aussenseite ist ein Halteband für die Stahlbolzen und ein Wetter-Dichtungsband aufgelegt.

**Verformung unter Innendruck**

Nach der Zündung erreicht der Innendruck in der Festkörperrakete etwa 64,5 b (900 psi). Unter der entsprechenden Längs-Zugkraft vergrössert sich die ausgekittete Fuge, und die an der versteifenden Verbindungsstelle weniger grosse radiale Ausweitung bewirkt ein Kippen der zwischen den Lippen gehaltenen Mantelwandung. Dadurch vergrössert sich der Spalt, den die O-Ringe abdichten sollen.

Sobald der Innendruck etwa 14,3 b (200 psi) erreicht, was nach 0,6 s der Fall ist, wird der elastische Kitt in den sich verjüngenden Ringspalt gegen den ersten O-Ring hin gedrückt; unter dem durch diese Druckübersetzung erhöhten Druck wird der O-Ring satt in seine Ringnut und gegen die Wandung des eingesetzten Randes gedrückt (Bild 3). Sollte der erste O-Ring teilweise versagen, so wird der zweite O-Ring belastet und übernimmt die lebenswichtige Dichtungsfunktion.

## Umsichtige Untersuchung

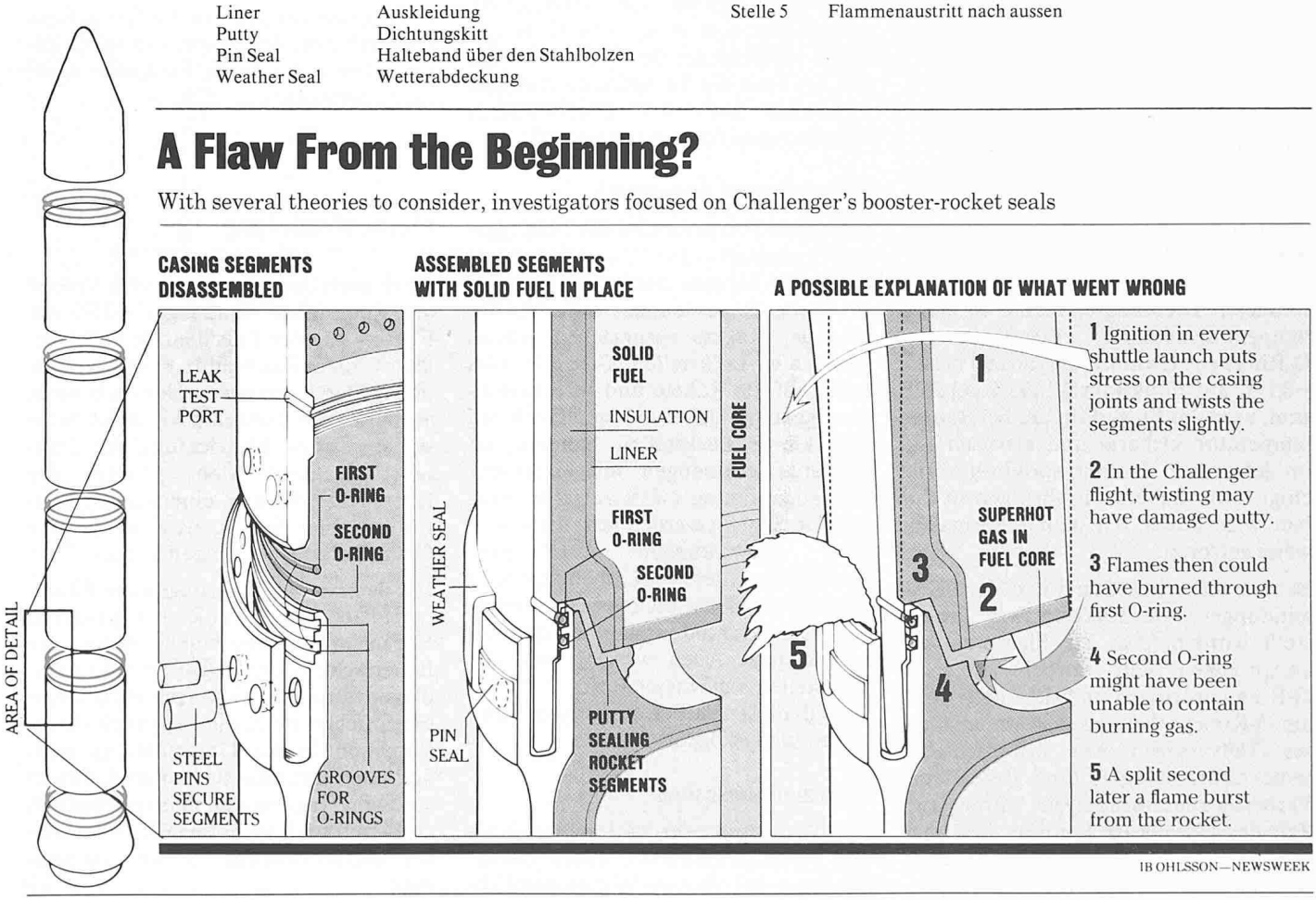
Sogleich nach dem Unfall setzte der amerikanische Präsident *Ronald Reagan* eine von der Nasa unabhängige Untersuchungskommission ein, die unter der Leitung von *William P. Rogers* (früherer Staatssekretär) steht, und der *Neil A. Armstrong* angehört, der als früherer Astronaut als erster Mensch den Mond betrat.

Die Nasa-interne Untersuchung wird von *Richard Truly* geleitet, der am

*Bild 3. Aufbau der Feststoff-Zusatzrakete, Detaildarstellung. Links: Auseinandergenommene Zylinder-Teilstücke des Raketenmantels. Mitte: Zusammengebaute Teilstücke mit montierten Dichtungen und Feststoff-Treibstoff. Rechts: Möglicher Ablauf des Versagensmechanismus (© 1986 by Newsweek Inc. All rights reserved. Reprinted by permission of Newsweek – I B Ohlsson)*

| | |
|---|---|
| Casing Segments | zylindrische Mantel-Teilstücke |
| Leak Test Port | Leckage-Inspektionsbohrung |
| First O-Ring | Erster O-Ring |
| Grooves | Ringnuten |
| Steel Pins | Stahlbolzen |
| Solid Fuel | Fester Treibstoff |
| Insulation | Isolationsschicht |
| Liner | Auskleidung |
| Putty | Dichtungskitt |
| Pin Seal | Halteband über den Stahlbolzen |
| Weather Seal | Wetterabdeckung |

| | |
|---|---|
| Pfeil 1 | Verformung nach Zündung der Rakete |
| Stelle 2 | Mögliche Beschädigung des Kittes nach Verformung |
| Stelle 3 | Flammenweg zum ersten O-Ring |
| Stelle 4 | Flammenweg zum zweiten O-Ring |
| Stelle 5 | Flammenaustritt nach aussen |



20.2.1986 zum neuen Direktor des Raumfährenprogramms ernannt worden ist. Der für die Raumfahrtprogramme zuständige Nasa-Generaldirektor *Philip Culbertson,* der von der Regierung erst im Dezember 1985 bestätigt worden war, wurde am 17.2 abgelöst und innerhalb der Nasa mit anderen Aufgaben betraut. Seine Funktion hat der Administrator der Nasa, *William Graham,* interimistisch übernommen.

Einerseits wird der ganze Entscheidungsablauf, der zum missglückten Start führte, genau analysiert. Grösste Anstrengungen sind im Gang, Trümmerteile mit Helikoptern und Unterseebooten zu orten und zu bergen. Am 20.2. konnten die mutmasslichen Überreste der rechten Feststoffrakete 40 bis 50 km vor Cape Kennedy auf dem Meeresgrund lokalisiert werden. Deren Bergung dürfte zwar noch einige Zeit in Anspruch nehmen. Ebenfalls grossen Aufwand erfordert die Überprüfung aller während der Startvorbereitungen und beim Start registrierten Messwerte und Datenaufzeichnungen.

Inzwischen sind alle geplanten Flüge der Raumfähren auf unbestimmte Zeit verschoben, so auch der für den 15.5.1986 vorgesehene Transport der europäischen Raumsonde «Ulysse» der ESA. Abgesagt und um mindestens ein Jahr verschoben ist ferner der Start der Sonde «Galileo» der USA, die ebenfalls der Erkundung des Jupiters dienen wird.

## Mögliche Versagensursachen

Ernste Bedenken bereitete den Ingenieuren seit längerer Zeit die Verbindungskonstruktion der Feststoffraketen-Teilstücke. Die Elastizität der verwendeten Dichtungselemente ist stark temperaturabhängig. Während die O-Ringe aus Gummi (ausgebaut) bis zu −35 °C auf Funktionsfähigkeit geprüft sind, wird der Fugenkitt, der bei Raumtemperatur kleberig und elastisch ist, im gefrorenen Zustand spröd und brüchig. Zum sauberen Einbringen in die Nut wird dieser Kitt daher normalerweise gefroren.

Bei den bisherigen Starts und Versuchszündungen von Raketen war festgestellt worden, dass die Flammen am versprödeten Kitt vorbei bis zum O-Ring vordringen und sich mehr oder am O-Ring vorbeifressen konnten. Dieses Teilversagen war offensichtlich temperaturabhängig. Eine Reihe von Verbesserungsvorschlägen waren zur Zeit des Unfalls im Studium bzw. bereits in Einführung. Ein ausführlicher Bericht über die wesentlichen Anpassungen und über weitere Mutmassungen zu möglichen Ursachen findet sich in Aviation Week & Space Technology, Vol. 124 (1986) No. 7, p. 18.

### Unterkühlung

Die in Florida ungewöhnlich tiefen Umgebungstemperaturen um den Gefrierpunkt herum, fast 4 °C tiefer als die bisher tiefste Aussentemperatur vor einem Start, veranlasste die Flugleitung, am Tag vor dem Start und während der Nacht nochmals eilends - dies wäre an sich schon ein *Warnsignal* für Bedenken gewesen - mit dem Hersteller zu konferieren. Nach verschiedenen Überlegungen über das Verhalten der Dichtungsmasse während des Druckaufbaus stimmte der Hersteller schliesslich dem Start ohne kostspielige Verschiebung zu.

Offenbar nicht bis zur Flugleitung war die Meldung der an der Aussenhaut der Zusatzraketen mit Infrarot-Thermometern gemessenen Temperaturen gelangt. Die Messequipe hat bei tiefen Temperaturen primär Eisbildungen festzustellen, die beim Start losbrechen und die stossempfindlichen Isolierkacheln der Raumfähre beschädigen könnten.

Bei diesen Messungen wurde anderthalb Stunden vor dem Start in der Gegend der untern Befestigung der rechten Feststoffrakete eine Oberflächentemperatur von etwa −14 °C festgestellt, während an der linken Rakete wie erwartet die Temperatur etwa der inzwischen auf −4 °C abgesunkenen Umgebungstemperatur entsprach.

### Leckstellen am Aussentank

Die tiefen Temperaturen der Flüssiggase (Wasserstoff −253 °C und Sauerstoff −183 °C) können dank der Isolation des Tanks keine nennenswerte Abkühlung der Rakete verursachen, ausser wenn aus Leckstellen flüssiges Gas selbst auf die Rakete und ihre Befestigung gelangt. Dabei müsste es sich um sehr kleine Leckstellen handeln, da grössere Leckmengen mit sichtbarer Schwadenbildung sofort auffallen würden. Untersucht werden jetzt die möglichen Auswirkungen austretenden Sauerstoffes, der vom obenliegenden Sauerstofftank auf die etwa 30 m tieferliegenden Verbindungsstreben getropft sein könnte. Auch werden mögliche Leckstellen am Wasserstofftank im Bereich der unteren Befestigung am Tank in Betracht gezogen.

### Explosionsauslösung

Die Auswertung der zahlreichen Foto- und Fernsehaufnahmen deutet darauf hin, dass mit grosser Wahrscheinlichkeit die beschriebenen Dichtungen der rechtsseitigen Feststoffrakete unmittelbar über den unteren Verbindungsstützen schon im Moment des Startes versagt haben.

Bereits 0,6 s nach der Zündung war an dieser Stelle das seitliche Austreten einer schwarzen Rauchschwade nachträglich festgestellt worden, was die Vermutung bestärkt, dass der Dichtungskitt von den Flammen umgangen und die beiden O-Ringe sofort durch die Hitze zersetzt worden waren.

Eine Entdeckung des Defektes in diesem Moment hätte allenfalls noch ein Absprengen der Zusatzraketen erlaubt; ein Abstellen der einmal gezündeten Rakete ist nicht möglich. Die Fernsehaufzeichnungen zeigten sodann 59 s nach dem Start das Austreten einer grossen weissen Schwade an der gleichen Stelle, was dem seitlichen Austreten der Flammen durch die ausgebrannte Dichtungsstelle entsprechen könnte.

Weitere 14 s später versagten die unteren Verbindungsstreben zum Aussentank, vermutlich unter der direkten Einwirkung der immer stärker austretenden Flammen. Dies führte nun zu einem Wegschwenken des untern Raketenteils, wobei die entsprechende Einwärtsschwenkung oben die Raketenspitze mit dem Zusatztank in Kollision brachte. Nach dem Auslaufen der Flüssiggase aus dem beschädigten Tank liess sich trotz der Absprengung der Zusatzraketen die fatale Explosion nicht mehr vermeiden.

## Herausforderung

Kurz nach dem katastrophalen Verlust der Raumfähre Challenger −25% der Flotte - gab der Präsident der USA bekannt: «Die Raumfahrt wird weitergehen.» Der Pioniergeist lässt sich nicht aufhalten, ebensowenig wie in der rückschlagsreichen Entwicklung der Luftfahrt. Dahinter steht weniger der Durchhaltewillen in einem ambitiösen Projekt einer Nation, als vielmehr eine Grundhaltung des ganzen Volkes.

Mit den Herausforderungen der Raumfahrt haben die USA die noch grösseren Herausforderungen bejaht, welche die Beherrschung derart grosser und komplexer Projekte im technologischen Grenzgebiet stellt. Sie haben mit ihrem Vorgehen in der Untersuchung auch dokumentiert, dass sie keinen Aufwand scheuen, Ursache und Fehler gründlich zu klären und die nötigen Korrekturen der Marschrichtung auf sich zu nehmen. *BP*