

### Fehlerfelder

Der Absturz der ersten **Ariane-5-Rakete** geht wohl auf einen massiven Programmierfehler zurück. Ein Programmteil, der von der Ariane 4 übernommen wurde und die Werte in einem 64-bit floating point Wert darstellte, bekam in der Ariane 5 nur den Speicherplatz für einen 16-bit-Integer-Wert spendiert. Die Konvertierung dieses „alten Programms“ von 64-bit Gleitkomma Werte in einen 16-bit Integer-Werte musste nach einer gewissen Flugzeit zwangsläufig zu einem Fehler (Überlauf) führen, denn mit einer 64-bit-Gleitkommazahl kann man wesentlich größere Zahlwerte darstellen als mit einem 16-bit-Ganzzahlwert. Alle anderen Variablen im Programm waren gegen einen Überlauf gesichert – nur an dieser Stelle hatte man auf diese Sicherheitsfunktion verzichtet. Alle System waren doppelt ausgelegt – aber leider griffen alle Systeme auf diesen 16-bit-Ganzzahlwert zu, so dass auch das Ersatzsystem versagte ... - Dieser Überlauf führt zu unsinnigen Daten, die der OBC (OnBoardComputer) als falsche Flugdaten interpretierte und daraufhin den Befehl für eine unnötigen Flugbahnänderung gab. Durch diese massive Flugbahnänderung drohte die Rakete auf Grund der Beschleunigungskräfte auseinander zu brechen. Daraufhin führte das Selbstzerstörungs-System der Rakete zu ihrer Sprengung.

Die NASA verlor am 24. September 1999 den **Mars-Orbiter**. Der Fehler lag in nicht passenden Einheiten – bzw. Absprachen – zwischen den verantwortlichen Stellen – bzw. Zuliefer-Firmen. Die Kontrollstation des Mars-Orbiters in den USA berechnete den notwendigen Schub für die Kurskorrektur in Newton und schickte diese Newton-Werte an das Steuerungssystem. Der Hersteller des Steuerungssystems „Martin Lockheed“ rechnete aber offensichtlich mit Pfunden. Die Folge war, dass bei den Steuermanövern der Schub während der gesamten Flugzeit um 22 Prozent zu gering ausfiel. Während dem 220 Millionen Kilometer langen Flug zum Mars wurde dieser Fehler nicht bemerkt. Die Kursgenauigkeit bei diesen Flügen liegt im Bereich von 10 Kilometer. Kritisch wurde es erst bei der Annäherung an den roten Planeten. Die Sonde kam der Oberfläche um 100 Kilometer (62 Meilen) zu nahe. Der Mars-Orbiter, dessen Kosten mit 125 Mio. US\$ angegeben werden, ist auf der Marsoberfläche zerschellt.

Die NASA hat das Verschwinden der **Mars-Sonde Global-Surveyor** im November 2006 aufgeklärt. Erste Probleme begannen im September 2005 nach einem Update des Bordcomputers. Dieser Fehler sollte 2006 behoben werden. Bei der Rettungsaktion wurde aber versehentlich ein falsches Kommando gesendet und dadurch wurden die Sonnensegel abgeschaltet – die Sonde hatte ab diesem falschen Kommando „Energieprobleme“. Im November 2006 wollte die NASA ihre Sonde wieder in Betrieb nehmen. In der Folge drehte sich der Mars-Orbiter jedoch zur Sonne, worauf seine Batterien überhitzten und die Sonde verloren ging.

Das amerikanische Modul der **ISS** scheint bzgl. der Isolation so schlecht ausgelegt zu sein, dass man die ISS ständig so drehen muss, dass das amerikanische Modul im Schatten des russischen Moduls liegen muss, sonst steigt die Innenraumtemperatur auf so hohe Temperatur, dass sich ein Mensch nicht mehr darin aufhalten kann.

Die ursprünglichen Fehler bei der Herstellung des Spiegels für das **Weltraumteleskop Hubble** sind ja wohl allgemein bekannt ... ODER die tragischen Fehlentscheidungen der NASA, die zum **Absturz von zwei Raumfähren** geführt haben – oder der GAU in **Tschernobyl** sind weitere traurige Beispiele dafür, dass die Aussage von „fehlerfreien Systemen“ in die Märchenwelt gehört.

In den Physik-Bildungsstandards wird auf eine positiven „**Fehlerkultur**“ ein besonderer Schwerpunkt gelegt. Nur wenn man Fehler machen darf, lernt man in einer entspannten Unterrichtsatmosphäre, in der ein nachhaltiges Physikverständnis entsteht.

Diese „berühmten“ und „tragischen“ Beispiele zeigen, wie wichtig neben der „Fehlerkultur“ auch die aktive Auseinandersetzung mit der „Fehlerthematik“ im Physikunterricht geführt werden sollte!

**Fehler** sind nicht nur

- (a) positive Begleiterscheinungen beim Lernen und
- (b) eine zwangsläufige Folge der Genauigkeit unserer Mess-Systeme ... sondern
- (c) eine wesentlich Begleiterscheinung komplexer Systeme ... und damit
- (d) eine Alltagsphänomen in unserem Leben ...

An den fächerübergreifenden Aspekt dieser Unterrichtsthematik – z.B. die Rolle von Fehlern in der Evolution – und andere „Fehlerfelder“ zeigt, wie wichtig diese „Auseinandersetzung“ ist.