

Reparatursatz sichert Wärmeschutz

Zusätzliche Arbeit für Astronauten des Space-Shuttle

Jedes zur Erde zurückkehrende bemannte Raumschiff muß vor der beim Wiedereintritt in die dichteren Atmosphärenschichten entstehenden hohen Reibungswärme wirksam geschützt werden. Die bisher bewährte Maßnahme der Abschmelzkühlung (Ablativkühlung) ist jedoch beim amerikanischen Raumtransporter (Space Shuttle), der voraussichtlich in der zweiten April-Woche starten wird, wegen seiner geplanten oftmaligen Verwendungsmöglichkeit nicht geeignet. Das gewählte kapazitive Kühlverfahren mit hoch spröden Wärmeschutzplatten auf Siliziumfaserbasis schien eine optimale Lösung zu sein, doch zeigte sich, daß die Haftung der Platten an der Shuttle-Außenhaut mangelhaft ist. Sicherheitshalber ließ die Nasa deshalb einen Reparatursatz entwickeln, mit dem die Astronauten notfalls in der Erdumlaufbahn beschädigte oder ausgebrochene Platten instandsetzen und erneuern können.

Sämtliche bisherigen bemannten Raumschiffe, auch die der UdSSR, wurden nur jeweils ein einziges Mal eingesetzt. So war es möglich, zur Ableitung der beim Rückkehrflug zur Erde beim Eintritt in die dichten Luftschichten auftretenden hohen Reibungswärme die Ablativkühlung anzuwenden: Ein entsprechend dick dimensionierter Hitze-

schutzschild an den thermisch am höchsten beanspruchten Stellen schmolz während des Wiedereintrittes schichtweise ab und verminderte auf diese Weise den Wärmefluß ins Raumschiffinnere auf das zulässige Maß.

Für den Raumtransporter der USA, der derzeit im Kennedy Space Center der NASA auf Cape Canaveral in Florida auf den Jungfernflug wartet, schied die Abschmelzkühlung (Ablativkühlung) als Mittel zur thermischen Beaufschlagungskontrolle von vornherein aus: Zum einen würden Beschädigungen der Außenhaut durch abschmelzende Strukturschichten den Hauptvorteil des Raumtransporters, die oftmalige Wiederverwendbarkeit, zunichte machen und hohe Reparaturkosten verursachen, zum anderen könnten durch diese Instandsetzungsarbeiten die von der Nasa vorgesehenen sehr knappen Überholungsphasen von etwa zwei bis drei Wochen zwischen zwei Starts niemals eingehalten werden.

Aus diesen Gründen wählte man für das primäre Wärmeschutzsystem des Raumtransporters, genauer gesagt seiner bemannten Oberstufe (Orbiter), das kapazitive Kühlungsprinzip: Die Struktur an den thermisch am höchsten beanspruchten Stellen (Unterseite des Orbiters, Cockpit-Nase, Flügel, Leitwerk) ist so ausgelegt, daß die entstehende Reibungswärme durch Absorption und Wärmebestrahlung ohne jegliche Beschädigung der Außenhaut „vernichtet“ wird. Zu diesem Zweck wurde ein völlig neues Material aus Siliziumfasern als Hauptbestandteil entwickelt, das die Wärme so schnell an die Umgebung abgibt, daß ein im Inneren noch rotglühender Würfel dieses Werkstoffes bereits in die bloße Hand genommen werden kann. Von diesem äußerst spröden Material gibt es für den Raumtransporter zwei Ausführungen: Weiße keramikbeschichtete Tafeln für jene Flächen, die sich beim Wiedereintritt lediglich für Temperaturen zwischen 320°C und 650°C aufheizen, und schwarze kohlenstoffbeschichtete Tafeln für den Temperaturbereich bis zu 1300°C. Die Oberfläche des Orbiters ist mit etwa 24 100 schwarzen und 6800 weißen dieser kachelförmigen Wärmeschutzplatten bestückt. Da sie auf der Aluminium-Außenhaut des Orbiters direkt nicht haften würden, ist zwischen beiden Materialien eine dehnungsausgleichende flexible Isolationsschicht von wenigen Millimetern Stärke angeordnet.

Bereits bei den ersten Taxi- und

Freiflugversuchen des Test-Orbiters

„Enterprise“ in der Zeit 1978/79 mit

Hilfe eines Boeing 747-Trägerflugzeugs zeigte sich, daß einige dieser

Wärmeschutzplatten aufgrund der Verformungen des Orbiters locker wurden und sogar ganz absfielen. Anfangs wurde dies bei der Nasa offenbar nicht sofort in ganzer Konsequenz erkannt, zumal sich die allgemeine Aufmerksamkeit zu dieser Zeit auf die nicht gerade sehr erfolgreiche Testserie der Flüssigkeits-Hochdrucktriebwerke der Raumtransporter-Oberstufe konzentrierte. Erst nach mehreren Monaten entschloß sich die Nasa zu einer äußerst zeitintensiven Überprüfung der Haftfestigkeit aller 30 900 Wärmeschutzplatten der ersten Flugeinheit „Columbia“. Da darüber hinaus die Befürchtung bestand, daß ein Teil von ihnen durch die relativ hohe dynamische Beanspruchung kurz nach dem Start bricht – man erwartet maximale dynamische Drücke um 5500 pa – wurde bei diesen zusätzlich noch eine Materialverdichtung zur Erhöhung der



So stellt man sich das Reparieren beschädigter Wärmeschutzplatten an der Orbiter-Außenhaut vor: Ein Astronaut mit Arbeitstisch und Werkzeug schwebt die Außenfront des Raumtransporters entlang zum Einsatz.

Bild (2): Nasa/Archiv Verfasser

Druckfestigkeit angeordnet. Teilweise wurden dazu abgelöste Tafeln verwendet, teilweise neue.

Seit Monaten, und dies war der Hauptgrund für die mehrmaligen Startverzögerungen, ist ein großes Team des industriellen Hauptauftragnehmers (Rockwell International) in drei Schichten ohne Pause mit diesen Arbeiten befaßt. Anfang September 1980 waren immerhin schon 26 280 „Wärmekacheln“ überprüft oder ersetzt. Während der daraufliegenden Woche wurden 738 weitere getestet und neu aufgebracht und zusätzlich 307 zum Zwecke der Verdichtung oder des Ersatzes entfernt. Dies war das erste Mal, daß mehr Platten neu angebracht als entfernt wurden; zuvor war es stets umgekehrt, so daß die sich daraus ergebenden Stockun-

gen den Arbeitsablauf stark beeinträchtigten und in die Länge zogen.

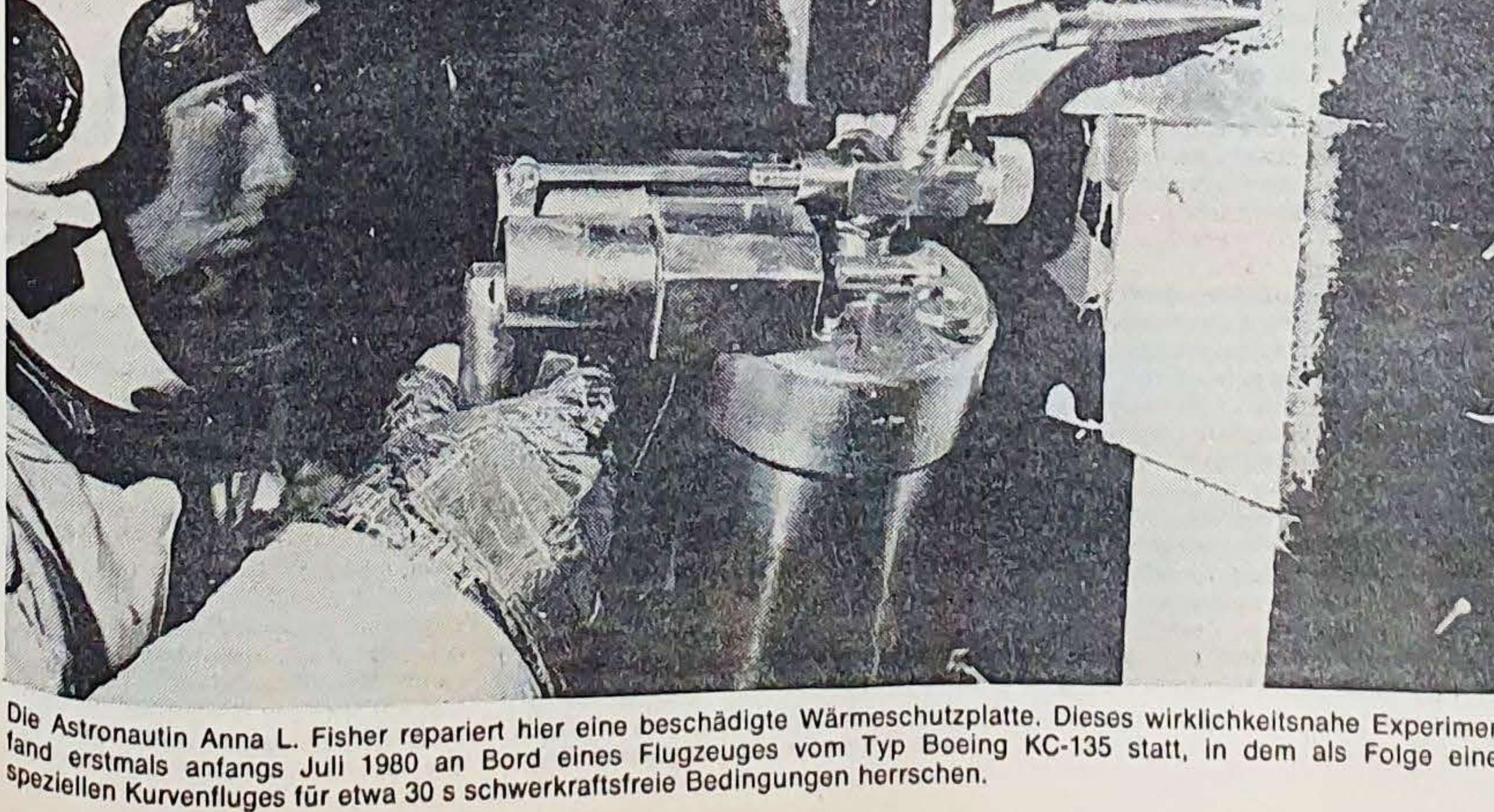
Um ganz sicher zu gehen, hat die Nasa das Unternehmen Martin Marietta (Denver, Colorado) mit der Entwicklung eines Wärmeplatten-Reparatursatzes für die Astronauten während des Weltraumfluges der Shuttle-Oberstufe beauftragt. Notfalls sollen die Astronauten damit in der Lage sein, etwaige während des Aufstiegsfluges aufgetretene Beschädigungen, von den kleinsten Rissen bis hin zum Verlust ganzer Platten, zu reparieren. Die für diese Arbeiten erforderlichen Fortbewegungsmittel sowie Behälter, Werkzeuge, Klebeutensilien und Ersatzplatten in einer Gesamtmasse von etwa 410 kg werden im vorderen Teil der Nutzlastsektion des Orbiters in zwei regalförmigen Haltestrukturen fixiert. Hauptteil ist ein elektrisch beheizter Vorratskasten, in dem die unterschiedlichen Materialien auf einer konstanten Temperatur von 27°C gehalten werden. Die benötigten Werkzeuge sollen in einem eigenen Werkzeugkasten untergebracht werden. Der Reparatursatz besteht so aus vier Spray-Piloten zum Ausbessern oder Neuaufbringen des hoch hitzebeständigen schwarzen Überzuges der Wärmeschutzplatten, acht handlichen Geräten zur Erzeugung sofort austrocknenden plastischen Materials (Harz und Katalysator) zum Ausbessern tiefergehender Kratzer oder fehlender Teilstückchen, (nur Eindrücke oder Beschädigungen bis zu etwa 6 mm Tiefe sind für die Aufrechterhaltung der erforderlichen guten aerodynamischen Flugeigenschaften des Shuttle ohne Bedeutung) und rund 165 unterschiedlich geformten, vorgehärteten Ersatzplatten-Teilstücken von jeweils etwa 230 cm² Fläche zum Ausbessern stark beschädigter oder verlorengangener Platten.

Der geplante Reparatureinsatz des Astronauten beginnt zunächst mit einer Inspektion der Wärmeschutzbeplankung des Orbiters, für die etwa eine Stunde veranschlagt ist. Gesichert durch eine 60 m lange Leine begibt sich der Astronaut ins Freie, um mit Hilfe eines rückengetragenen Rückstoßsystems (Manned Maneuvering Unit) unterhalb und seitlich des Orbiters von dessen Nase bis zum Heck zu schweben. Diese Inspektion ist bei Tageslicht am zweckmäßigsten, wenn auch Lampen an den Astronautenhelmen notfalls einen Nachteinsatz ermöglichen würden. Nach vorgenommener Überprüfung wird der Astronaut zur Nutzlastbucht des Orbiters zurückkehren, um die erforderlichen Gerätschaften und Werkzeuge zu holen und anschließend mit den Ausbesserungsarbeiten zu beginnen.

Das Erproben der Reparaturvorgänge und der Gerätschaft sowie das Schulen der Astronauten wird bei Zero-Gravity-Flügen des KC-135 Forschungsflugzeuges der Nasa, in Vakuum-Kammern und in großen Wassertanks unter nahezu schwerefreien Bedingungen vorgenommen. Europäische Astronauten-Kandidaten nehmen daran allerdings nicht teil, da diese Reparaturtätigkeit ausschließlich dem US-Flugpersonal des Raumtransporters vorbehalten ist. Im Gegensatz zu den auch Nutzlastexperten genannten Wissenschaftler-Astronauten sind dies Berufs-Astronauten der USA.

Aber selbst mit dem Bau und der Erprobung des Reparatursatzes und dem Rückstoß-Fortbewegungsgerät geriet die Nasa in Verzug: Aus Tiefgründen ist beides frühestens zum zweiten Shuttle-Erprobungsflug im Sommer dieses Jahres einsatzfähig. So bleibt nur zu hoffen, daß beim ersten Start in der zweiten April-Woche keine Wärmeschutzplatten brechen.

Horst Werner Köhler



Die Astronautin Anna L. Fisher repariert hier eine beschädigte Wärmeschutzplatte. Dieses wirklichkeitsnahe Experiment fand erstmals anfangs Juli 1980 an Bord eines Flugzeugs vom Typ Boeing KC-135 statt, in dem als Folge eines speziellen Kurvenfluges für etwa 30 s schwerkraftfreie Bedingungen herrschten.