

EUGEN REICHL

SPACE2024

DAS AKTUELLE RAUMFAHRT-JAHRBUCH MIT ALLEN STARTS



ELON ALMIGHTY – FAKTOR X IM SONNENSYSTEM

Eugen Reichl

SPACE 2024

Das aktuelle Raumfahrt-Jahrbuch mit allen Starts

Web: www.space-jahrbuch.de / eMail: redaktion@space-jahrbuch.de

1. Auflage, November 2023
Copyright © by VFR e. V., München

Alle Rechte vorbehalten

Initiator: Verein zur Förderung der Raumfahrt e. V., www.vfr.de
Herausgeber: Thomas Krieger
Organisation: Peter Schramm
Lektorat: Heimo Gnilka, Margit Drexler, Thomas Krieger,
Peter Schramm, Stefan Schiessl
Titelmotiv: Stefan Schiessl
Layout & Satz: Stefan Schiessl, www.exploredesign.de
Druck: Rainer Gottschalk, www.flyer-store.de
ISBN: 978-3-944819-24-2

Editorial	4
Themen im Fokus	10
Elon Almighty – Faktor X im Sonnensystem	12
Erfolgreicher Fehlschlag	40
Die Artemis-Ära hat begonnen	52
Der Flug des weißen Hasen	68
Das erste Rendezvous im Orbit	80
Erinnerungen an eine deutsche Begegnung	100
Europas Abschied vom Weltraum	106
Geschäft im cislunaren Raum	118
ARIS macht Träume wahr	130
Seidenstraße in den Weltraum	138
Science Fiction Kurzgeschichten-Wettbewerb	154
Platz 3: „Regolith Blues“ von Raiko Milanovic	156
Platz 2: „Charpentier“ von Sophie Solchenbach	162
Platz 1: „IMPAKT“ von Christian Eckard Jäkel	170
10-mal MicroSPACE – Micro Science Fiction Stories	179
Raumfahrt-Jahreschronik	182
September 2022	184
Oktober 2022	188
November 2022	194
Dezember 2022	199
Januar 2023	204
Februar 2023	208
März 2023	211
April 2023	217
Mai 2023	220
Juni 2023	225
Juli 2023	228
August 2023	238
SPACE-Panorama – kurz notiert	240
Fakten, Fakten, Fakten	258
Das Raumfahrtjahr 2022 – Fakten & Highlights	260
Das Jahr 2022 – Überblick und Vergleich	268
Entwicklung der Weltraumstarts in Diagrammen	276
Chronologie der Weltraumstarts 2022	278
Suborbitale Flüge bemannter und bemannter Systeme 2022	284
Starttabelle Januar-September 2023 – Ausblick Oktober-Dezember 2023	286
Glossar	292
Raumfahrt-Geschichte in Jahrestagen	294

EDITORIAL

LIEBE LESERIN, LIEBER LESER,

vor über 45 Jahren ignorierten Frankreich und weitere Partnerländer der Europäischen Weltraumbehörde die Behauptung der USA, dass von nun an, da der Shuttle existiere, alle nicht wiederverwendbaren Trägersysteme obsolet seien. Die Skepsis gegenüber dieser Aussage bereitete in Europa die Bühne für die Gründung der Arianespace, der ersten kommerziellen Vertriebsgesellschaft für Trägerraketen der Welt.

Mit Rückendeckung der ESA, die stark an einem unabhängigen europäischen Zugang zum Weltraum interessiert war, um sowohl ihre Wissenschaftsprogramme als auch die europäische Raumfahrtindustrie zu stärken, wuchs die Arianespace innerhalb weniger Jahre zu einer bedeutenden internationalen Größe auf dem Raumfahrtträger-Sektor heran. 1984, also noch vor der Challenger-Katastrophe, wurde die Hälfte des Weltmarktes an Satelliten für ihre Starts auf Ariane-Raketen gebucht.

Doch kurz nach der Jahrtausendwende begann der Gegenwind von Seiten der Konkurrenten aus den USA, Russland und China zu blasen. Das zwang die Arianespace dazu, die Preise zu senken und einen Upgrade bei der Ariane 5 durchzuführen. Die Zeiten wurden rauer. Das war aber erst ein Vorboten der Dinge, die noch kommen sollten. Mit neuartiger Technologie und niedrigen Preisen schloss SpaceX zunächst langsam zur Arianespace auf, überholte sie schließlich 2017 und ließ sie danach mit immer höherer Beschleunigung hinter sich. Sechs Jahre später ist der Abstand zu SpaceX frappierend. Für die europäischen Entwickler geht es seither im Vergleich zum Weltmarkt nur noch in eine Richtung: Steil bergab. Europa führte im Jahr 2023 ganze drei Orbitalstarts durch. Bei SpaceX werden es am 31. Dezember irgendwo zwischen 90 und 100 Missionen sein.

Schuld an dieser Misere sind viele Faktoren. Zum einen die typische europäische Unentschlossenheit, das völlige Verkennen der tatsächlichen Situation, eine unglaubliche Arroganz und eine schier endlose Kette falscher Entscheidungen. Entscheidungen, die nicht von der Lösung des Problems, sondern von politischen Ränkespielen getrieben sind. Als Sahnehäubchen auf diesem totalen Debakel endete im Februar letzten Jahres auch noch die Zusammenarbeit mit Russland.

Dieses europäische Drama auf dem Trägerraketensektor ist auch Gegenstand eines Artikels in der diesjährigen Ausgabe von SPACE. Er trägt den Titel: *Europas Abschied vom Weltraum*.

Aber es gab natürlich auch viele positive Highlights in der weltweiten Raumfahrt. Meine drei Favoriten unter den Top-Ereignissen des Berichtszeitraumes September 2022 bis August 2023 sind:

- ★ Der absichtlich herbeigeführte Einschlag der Raumsonde DART am 26. September 2022 auf dem Asteroiden Dimorphos, der glänzend bewies, dass die Abwehr zumindest kleinerer erdgefährdender Asteroiden möglich ist.
- ★ Der Erstflug des SLS/Orion-Systems bei der Artemis I-Mission zwischen dem 16. November und dem 11. Dezember 2022, und ...
- ★ Die Landung der indischen Raumsonde Vikram und das Absetzen des Pragyan-Rovers im Rahmen der Chandrayaan 3-Mission am 23. August 2023.

Mein „Aufsteiger des Jahres“ ist Axiom Space, das sich nicht nur im Raumstationsgeschäft fest etabliert hat, indem es derzeit etwa alle 10-12 Monate eine private Mission zur ISS entsendet und den Bau privater Module für die ISS vorantreibt, sondern auch von der NASA ausgewählt wurde, die Raumanzüge für das ARTEMIS-Mondprogramm zu entwickeln.

„Absteiger des Jahres“ ist auch heuer die russische Raumfahrt, der es trotz jahrzehntelanger Vorbereitung nicht gelang, die Raumsonde Luna 25 auf dem Mond zu platzieren und ihr wertvolles Raumfahrzeug mit einem törichten Softwarefehler aus der Anfängerliga vernichtete.

Der „Sonderklasse-Award“ geht auch heuer an SpaceX, das nun schon seit einer ganzen Weile eine Kategorie für sich ist, und das gesamte Verfolgerfeld inzwischen vielfach überrundet hat. Auch in Sachen „Innovation“ bleibt SpaceX mit Abstand führend. Das Unternehmen unternahm am 20. April 2023 einen spektakulären Versuchsstart mit dem Starship, der ebenso spektakulär misslang. Wir haben dem Starship-Projekt in dieser Ausgabe von SPACE einen eigenen Artikel gewidmet. Titel: *Erfolgreicher Fehlschlag*.

Und schließlich dürfen wir auch China nicht vergessen, das mit stoischer Präzision die erste Phase des Ausbaus der nationalen Raumstation Tiangong abschloss und nun zur zweiten Nation geworden ist, die permanent im Orbit vertreten ist. Erst in diesen Tagen kündigte China außerdem an, die Tiangong-Station von bislang drei auf sechs Module erweitern zu wollen.

Im Editorial der Ausgabe SPACE 2023 freuten wir uns über Europas Initiative zur eigenständigen bemannten Raumfahrt mit der Bezeichnung SUSIE. Dieses (wie wir damals schon berichteten) etwas alberne Akronym steht für **Smart Upper Stage for Innovative Exploration**. Wir versprochen im nächsten Jahr (also in der Ausgabe, die jetzt vor Ihnen liegt) darüber zu berichten, sofern

sich in diesem Vorhaben etwas Erkennbares tut. Aber, wir sind hier in Europa. Es hat sich also, wie erwartet, nichts bewegt. Zumindest nichts, was an die Öffentlichkeit gelangt wäre, und deshalb gibt es hier keinen Bericht dazu.

NUN ZU UNSEREM TRADITIONELLEN „SNEAK PREVIEW“.

Zwei der Beiträge in SPACE 2024 haben wir ja schon eingangs erwähnt. Unser diesjähriger Leitartikel, *Elon Almighty – Faktor X im Sonnensystem*, befasst sich mit einem Dauergast dieses Jahrbuchs: Elon Musk. In Deutschland fast durchweg geschmäht, in der übrigen Welt und vor allem in den USA fast durchweg gefeiert, polarisiert dieser „Macher“ die Menschen. Zeit, ihn selbst und vor allem seine raumfahrtbezogenen Aktivitäten wieder einmal zu durchleuchten.

Während man hinsichtlich des Erfolges oder des Misserfolgs beim Jungferflug des Starship durchaus geteilter Meinung sein kann, gilt das nicht für den ersten Einsatz des Space Launch Systems und der Orion-Raumkapsel bei der Mission Artemis I. Besser hätte es nicht laufen können. Diesen Erfolg würdigen wir in dem Bericht *Die Artemis-Ära hat begonnen*.

Auch in diesem Jahr haben wir mit Erinnerungen an eine deutsche Begegnung einen wunderbaren Beitrag vom VFR-Vorstandsrat Andreas Drexler in der aktuellen Ausgabe. Es ist dieses Mal ein Erlebnisbericht aus seiner Zeit als Wissenschaftsattaché in der Ständigen Vertretung der DDR in Bonn. Er erzählt, wie er Ende der 80er-Jahre den *Besuch von Sigmund Jähn in der BRD* mit in die Wege leitete und mit organisierte. Ein hoch interessanter zeitgeschichtlicher Beitrag mit weitgehend unbekannten Bildern.

Das japanische Unternehmen ispace versuchte im April 2023 eine Landung auf dem Mond. Die ArianeGroup GmbH in Lampoldshausen hatte wesentliche Systeme für dieses Projekt gebaut. Leider misslang die Landung in der entscheidenden Phase. Das lag aber an einer fehlerhaften Software und nicht am Lampoldshausener Beitrag, denn das Antriebssystem arbeitete tapfer bis zur letzten Sekunde Sprit. Timo Krone berichtet über die Mission, erzählt, wo die Fehler lagen und wie es nun mit ispace weitergeht in seinem Beitrag *Der Flug des weißen Hasen*.

Raumfahrtgeschichte darf in SPACE nie fehlen, Dieses Mal berichten wir in dem Beitrag *Das erste Rendezvous im Orbit über...?* Genau! Über das *erste Rendezvous im Weltraum mit Gemini 6 und Gemini 7* im Dezember 1965.

Im Bericht *Geschäft im cislunaren Raum* stellen wir unter anderem erstmals ausführlich das Blue Moon Projekt von Blue Origin vor. Aber auch andere Mitspieler in diesem neuen Betätigungsfeld kommen nicht zu kurz.

Im Beitrag *ARIS macht Träume* wahr berichtet unser Schweizer Gast-

autor Adrian Mettauer über die Akademische Raumfahrtinitiative Schweiz, die – im wahrsten Sinne des Wortes – hochfliegende Pläne hat.

Und schließlich untersuchen wir in *Seidenstraße in den Weltraum* die Hegemonialansprüche Chinas in der Raumfahrt.

Leider müssen wir ein Versprechen aus dem Vorjahr brechen, sonst würde uns der Umfang dieser Ausgabe wieder aus dem Ruder laufen. Obwohl, „Versprechen brechen“ trifft es nicht ganz, denn wir verschieben es nur aufs nächste Jahr. Dann bringen wir den in der letzten Ausgabe von SPACE angekündigten Bericht über das James Webb-Space Teleskop und seine faszinierenden Entdeckungen.

Erst vor drei Jahren eingeführt, aber schon ein „Klassik-Feature“ von SPACE: Das *„Raumfahrt-Panorama“*. 24 Kurzartikel zu wichtigen und interessanten Ereignissen, die wir nicht in unseren Fachartikeln mit abgedeckt haben.

Unser diesjähriger Science-Fiction Wettbewerb befasste sich mit dem Thema *„Made in Space“*, also mit industrieller Produktion im Weltraum. Wie immer finden Sie in der aktuellen Ausgabe von SPACE die drei ersten Preisträger. Ihre Stories sind wieder sehr phantasie reich und spannend zu lesen. Im Siegertrio sind zwei „alte“ Bekannte und eine Newcomerin. Wie jedes Jahr ein echtes Highlight. Und der Qualitätsstandard der Beiträge geht jedes Jahr weiter nach oben, wie ich finde.

Auch unsere ebenfalls noch recht neue Rubrik der *Micro SF Stories* hat sich etabliert. Wir bekamen erneut eine große Zahl von Einsendungen (136 waren es diesmal), zum großen Teil von hoher Qualität. Sie erinnern sich vielleicht noch: Diese Geschichten sind in ihrem Umfang auf maximal 500 Zeichen inklusive der Leerzeichen beschränkt. In dieser Ausgabe stellen wir wieder die nach unserem Dafürhalten zehn bemerkenswertesten Beiträge vor.

Neben den Artikeln und den Kurzgeschichten widmen wir einen wesentlichen Teil des Buches wie immer einer ausführlichen *Dokumentation aller Raumfahrtstarts* in der SPACE-typischen Berichtsperiode, die für den aktuellen Band vom September 2022 bis August 2023 läuft. Hier gibt es aber eine redaktionelle Änderung, die wir gleich im Anschluss an das Editorial in den Informationen der SPACE-Redaktion näher erläutern. Wir haben damit in den bislang erschienen 20 Bänden jede einzelne Mission, die seit 2003 in den Orbit oder darüber hinausging, im Detail dokumentiert.

Für die Zahlenfreaks und die Daten-Fans unter unseren Lesern haben wir wie jedes Jahr einen großen Block zur *Raumfahrtstatistik* der Jahre 2022 und 2023 erarbeitet.

INFORMATIONEN DER SPACE-REDAKTION

Zwei Dinge ändern wir ab dieser Ausgabe von SPACE gegenüber den früheren Büchern. Zunächst, und das wird Ihnen wahrscheinlich gleich aufgefallen sein: Das Buch ist dünner als die Jahre zuvor. Was daran liegt, dass wir jetzt noch mehr Inhalt bieten. Ein Widerspruch meinen Sie? Durchaus nicht, denn in den letzten Jahren ist der Umfang von SPACE Jahr für Jahr gewachsen, was der ständig zunehmenden Anzahl von Starts geschuldet ist, denen wir aufgrund unserer Chronistenpflicht Genüge leisten wollten. Angesichts ständig steigender Druck- und Versandkosten hätte das aber zu permanenten Preiserhöhungen geführt, und die wollten wir uns und Ihnen ersparen. Sie werden die gewohnte Raumfahrt-Jahreschronik mit allen Starts des Berichtszeitraums (also in diesem Jahr vom September 2022 bis August 2023 auf den Seiten 182 bis 238) von dieser Ausgabe an in im Buch in einem geänderten Format vorfinden. Textlich auf etwa 500 Zeichen pro Einzelereignis verkürzt, mit einem Bild und einem QR-Code ausgestattet, über den sie mittels Handy, Tablet oder Computer zum „Langtext“ weitergereicht werden. Dort können Sie dann, außerhalb des Buches, die komplette Story zu jedem Orbitalstart eines Berichtsjahres lesen.

Bei den Statistiken verzichten wir ab dieser Ausgabe auf die „Detaillierte Statistik der Weltraumstarts“. Die Informationen, die Sie darin entnehmen können sind schon seit einigen Jahren in einer Tortengrafik gesammelt dargestellt. Detailinformationen können Sie aber auch in den „ausgelagerten“ Langtexten der Chronik (siehe oben) entnehmen, wo wir darauf achten, dass darin jeder einzelne Satellit mit seinen Kerninformationen beschrieben wird.

Am Schluss dieses Editorials ist wie jedes Jahr der Platz, allen zu danken, die wesentlich zum Entstehen dieser Ausgabe beigetragen haben. Das sind die beiden Hauptprotagonisten, unser Grafiker, Layouter und Ideengeber Stefan Schiessl, der dafür sorgt, dass es ein hochwertiges Buch wird, und Peter Schramm, der „General Manager“ des Projektes „SPACE“. Unterstützend tätig war in diesem Jahr wieder Lothar Karl, der Organisator des VFR-Science Fiction Kurzgeschichten-Wettbewerbs. Ein weiterer herzlicher Dank geht nach Berlin an unsere Lektorin Margit Drexler und nach Weilheim, wo Heimo Gnlika ebenfalls darüber wacht, dass das Buch so fehlerfrei wie möglich bei Ihnen erscheint.

Wie immer noch einige Zeilen zu unserem Kontaktangebot. Sie können uns per E-Mail an redaktion@space-jahrbuch.de erreichen. Persönlicher und direkter geht es über unser Facebook-Konto www.facebook.com/SPACE.Jahrbuch, das

fast tägliche Updates erlebt. Abonnieren Sie es und kommentieren Sie mit. Oder sehen sie sich unser spezielles SPACE-Portal unter www.space-jahrbuch.de an, wo sie neben interessanten Dingen rund um das Thema Raumfahrt auch Informationen zu unserem Jahrbuch und sein Entstehen erhalten – und wo es einen Blog gibt, der regelmäßig mit Meinungsartikeln „gefüttert“ wird. Diese Seite ist auch der Ort, an dem sie die Bände vergangener Jahre nachbestellen können, die im Buchhandel möglicherweise schon vergriffen sind.

Wenn Sie Kritik für uns haben oder Lob, Tipps oder Meinungen, ein Problem oder eine Frage zu den Inhalten, wenn Sie sich schon mal die Ausgabe für das nächste Jahr reservieren wollen oder gerne der Tochter oder dem Sohn eines oder mehrere der Bücher schenken wollen, gerne auch signiert: nehmen Sie über eine der vielfältigen Möglichkeiten Kontakt mit uns auf. Wir freuen uns auf Ihr Feedback.

Und jetzt hinein ins Raumfahrtgeschehen. Wir wünschen Ihnen viel Freude bei der Lektüre von SPACE 2024. Bleiben Sie uns weiterhin treu und gewogen.

Im Namen des SPACE-Teams,

*Ihr **Eugen Reichl***



FASZINATION RAUMFAHRT ERLEBEN!

Wir sind überzeugt, dass es viele gute Gründe für die Raumfahrt gibt, wissenschaftliche, wirtschaftliche und kulturelle. Im VFR möchten wir die Spannung, die Begeisterung und das Interesse an dieser neuen Grenze den Menschen weitervermitteln.

Ganz nach dem Motto „Faszination Raumfahrt erleben!“ bringen wir Raumfahrt-Insider mit der Öffentlichkeit zusammen, organisieren Ausstellungen, Vorträge in Schulen, Filmvorführungen, Studienfahrten und vieles mehr.

Wenn Sie auch an der Raumfahrt interessiert sind, nehmen Sie doch Kontakt mit uns auf!

Verein zur Förderung der Raumfahrt e.V.
c/o Thomas Krieger
Weinbauernstr. 1, 81539 München
www.vfr.de • info@vfr.de

MITGLIED WERDEN

www.vfr.de/vfr/mitglied-werden



THEMEN IM FOKUS

Der Startversuch am 29. August 2022
musste abgebrochen werden.



Im Januar 2023 steht ein Starship, also die Kombination aus Super Heavy (Erststufe) und dem eigentlichen Starship (Oberstufe) für die Durchführung von Tests auf dem Startpodest.

ERFOLGREICHER FEHLSCHLAG

Die Diskussion um die Frage „War das jetzt eigentlich ein Fehlschlag, oder war es ein Erfolg“ begannen schon Minuten nach dem Flug. Und sie ist bis jetzt, sechs Monate später und nur kurz vor dem zweiten Flug des Starship, noch immer nicht beendet.

Elon Musk, der Gründer und CEO von SpaceX, hatte 2016 bei einem Kongress in Guadalajara die ersten Pläne für eine Großträgerrakete vorgestellt, aus der schließlich das Starship entstehen sollte. Seither wurde das Design immer weiter verbessert. Nach einer Reihe von Versuchen mit anderen Strukturwerkstoffen

(lange Zeit war Kohlefaser-Verbundmaterial im Gespräch, es waren schon die dafür notwendigen Maschinen bestellt und teilweise geliefert), wurde schließlich eine spezielle Edelstahl-Legierung für die Primärstruktur ausgewählt. In typisch Musk'scher Rekordgeschwindigkeit wurde in Boca Chica, in Südwesttexas, eine Fabrik und eine Startrampe erbaut. Die ersten noch rohen Prototypen entstanden sogar unter freiem Himmel.

Die Starship-Kombination besteht aus zwei Hauptkomponenten. Zum einen aus dem Booster, auch Super Heavy genannt. Er ist die erste Stufe des Vehikels. Die zweite Stufe, die obendrauf sitzt, ist das eigentliche Starship. Aber auch in Kombination heißt der Raketen-Behemoth so. Das Starship ist etwa 120 Meter hoch und hat einen Durchmesser von neun Metern. Damit ist ihr Durchmesser größer als der Rumpf eines 747-Jumbojets und sie ist länger als jede jemals gebaute Rakete. Das Starship wiegt beim Start mehr als 5.000 Tonnen. Mehr als 90 Prozent davon bestehen aus Methan und flüssigem Sauerstoff. Wenn alle 33 Triebwerke feuern, erzeugt die Rakete einen Schub von 7.600 Tonnen und verbraucht dafür 20 Tonnen Treibstoff pro Sekunde.

Der erste Testflug war für Montag, den 17. April, angesetzt. Doch der Termin kam und ging, denn man musste wegen eines eingefrorenen Ventils im Tankdruck-Regelsystem des Super Heavy-Boosters an diesem Tag abbrechen. Der Start wurde für Donnerstag, den 20. April neu angesetzt. In den drei Tagen zwischen den beiden Countdowns lieferten mehr als 100 Tankwagen frischen flüssigen Stickstoff, flüssigen Sauerstoff und flüssiges Methan in die Lagertanks an der Startrampe, um den Bestand aufzufüllen, der seitdem verdampft war. Sie wurden benötigt, um genügend Treibstoffe für den zweiten Startversuch zur Verfügung zu haben. Nach langer gespannter Erwartung startete SpaceX schließlich am 20. April, um 15:33 Uhr mitteleuropäischer Zeit (entsprechend 8:33 Uhr Ortszeit in Texas), von der Starbase in Boca Chica. Mit dem Liftoff begann ein im Idealfall 90-minütiger Testflug um die Welt, der in einer Wasserung des Starship (und hier ist nur die Oberstufe gemeint) im Pazifischen Ozean in der Nähe von Hawaii abgeschlossen werden sollte. Doch die Mission endete schon nach vier Minuten, als das Fahrzeug nach mehreren Triebwerksausfällen über dem Golf von Mexiko außer Kontrolle geriet und sich selbst zerstörte. Jetzt zunächst einmal meine Eindrücke und Überlegungen beim Betrachten des Live-Webcast von SpaceX an diesem historischen Tag:

Fast schon gleichzeitig mit dem Moment der Zündung war das Starship in eine enorme Wolke aus Staub und Rauch gehüllt und danach zunächst nicht mehr zu erkennen. Für lange Sekunden sah es so aus, als würde die Rakete schon auf dem Startplatz explodieren. Es dauerte eine gefühlte halbe Ewigkeit, bis sich der Träger schließlich langsam aus dem Inferno aus Staub und herumfliegenden Trümmern herauschälte und sich dann majestätisch und langsam



Das voll betankte Starship beim Wet Dress Rehearsal. Wegen der Kälte bildet sich Frost auf der Außenhaut der Rakete.

an der Spitze eines flackernden Feuerstrahls in Zeitlupengeschwindigkeit in den Himmel über der Starbase wucherte. Vom Boden aus war nicht sofort zu sehen, dass einige der 33 Raptor-Triebwerke der Super Heavy-Erststufe schon in den ersten Momenten des Fluges ausgefallen waren. Dass aber etwas nicht stimmte konnte man an der leicht schrägen Fluglage der Rakete erkennen. Gelegentlich gab es einen orangeroten Flash im Feuerstrahl der Motoren, kleinere Teile des Trägers schienen sich von der Struktur abzulösen. Im Laufe der nächsten zwei Minuten erstarben mehrere Triebwerke. Sie waren die Ursache der roten Flashes, die ich beobachtete. Immer, wenn sich eines von ihnen verabschiedete, blitzte es noch ein letztes Mal auf. Als die Rakete schließlich auf den Scheitelpunkt ihrer Flugbahn von knapp 40 Kilometern mehr kroch denn flog, waren – für

den Beobachter der Startübertragung deutlich erkennbar – eine nicht genau zu ermittelnde Anzahl von Raketenmotoren erloschen, während die anderen noch arbeiteten. Der von den ausgefallenen Triebwerken resultierende asymmetrische Schub konnte dann offensichtlich von der Fluglageregelung nicht mehr kompensiert werden. Das führte in der Folge dazu, dass auch die Oberstufe des Raumschiffs (also das eigentliche Starship) nicht von der ersten Stufe der Rakete getrennt werden konnte. Möglicherweise hatte auch ein Hydraulikproblem dazu beigetragen, dass die Schubrichtung der verbleibenden Triebwerke nicht mehr ausreichend gesteuert werden konnte. Dann begann die Rakete zu kippen und zu rollen, vollführte Kreise, begann sich zu überschlagen. Aber sie brach nicht auseinander. Noch nicht. Schließlich eine Art langsamer Looping, und dann ...
...dann explodierte das Ding.

Genauer erfuhrt man schon einige Stunden nach dem spektakulären Ereignis. Die Rakete hatte bereits zwei Triebwerke abgeschaltet, noch bevor sie überhaupt den Startsockel verließ. In den Minuten des Aufstiegs schalteten sich dann

weitere sechs der 33 mit Methan und flüssigem Sauerstoff betriebenen Raptor-Triebwerke des Super Heavy-Boosters ab, als er in den Himmel stieg. Etwa zwei Minuten nach dem quälend langsamen Liftoff verlor das Raumschiff die Kontrolle und verließ seinen geplanten Flugkorridor, bis schließlich das autonome Flugabbruchsystem die Rakete vier Minuten nach dem Start in die Luft jagte. Allerdings erst 30 Sekunden nachdem das System den Abbruchbefehl gegeben hatte. Offensichtlich hatte eine zu geringe Sprengkraft der Explosivladungen in der Rakete verhindert, dass der Abbruch sofort wirksam wurde. In dieser halben Minute quälte sich der Träger wie ein waidwundes Tier noch immer weiter.

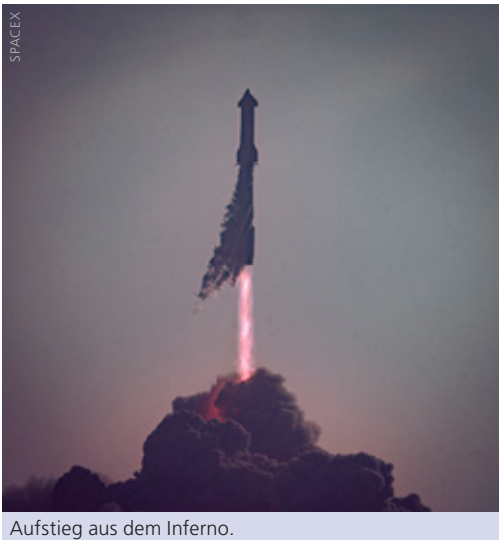
Das Starship erzielte eine maximale Höhe von 39 Kilometern und eine Höchstgeschwindigkeit von knapp 2.200 Kilometern pro Stunde. Somit erreichte es etwa doppelte Schallgeschwindigkeit und gewann damit auch gute Messdaten über den Staudruck im transsonischen Bereich, der aerodynamischen Zone, bei dem das Fahrzeug den härtesten strukturellen Belastungen seines Aufstiegs standhalten muss. Die Trümmer des Starship fielen nach der Explosion in den Golf von Mexiko. Trotz des explosiven Endes dieser Testmission schienen die Ingenieure mit den Erkenntnissen aus diesem Start durchaus zufrieden zu sein. SpaceX war schon im Vorfeld der Mission sehr darauf bedacht gewesen, die Erwartungen niedrig zu halten.



Das Starship steigt aus Rauch und Staub in den Himmel.

DIE AUFARBEITUNG

Die Startanlage bot nach dem Liftoff ein Bild der Verwüstung. Sie verfügte für diese Mission weder über einen Flammenschacht, noch über einen Flammenabweiser, noch über eine Flutanlage. Alles Dinge, wie sie gerade beim Start von Großraketen sonst üblich sind. Das Fehlen all dieser Vorrichtungen bewirkte, dass neben den Flammenstrahlen selbst auch die immense akustische Energie, die der Start verursachte, große Schäden an den Bodenanlagen anrichtete. Ein wenig verwunder-



Aufstieg aus dem Inferno.

te es schon, dass man quasi „nackt“ startete, ohne diese Standardanlagen zum Schutz von Rakete und Infrastruktur. Womöglich wurde auch SpaceX vom Ausmaß der Schäden überrascht. Andere Startanlagen, darunter die Falcon 9-Launch Pads von SpaceX in Florida und Kalifornien, nutzen große Mengen Wasser, um die akustische Energie beim Start zu dämpfen, und alle verfügen über Flammenschächte. Es gibt aber auch historische Beispiele dafür, dass man solche Einrichtungen nicht unbedingt braucht, wenn nur der Startsockel hoch genug ist. So hat

die NASA beispielsweise bei den frühesten Versionen ihrer Saturn-Raketen darauf verzichtet. Ähnlich wie damals die Saturn 1 Block 1 und Block 2 steht auch das Starship einfach frei auf einem 15 Meter hohen Betonpodium.

Der Schubstrahl der Triebwerke war somit direkt auf den Betonboden gerichtet, welcher der ungeheuren Energie der Triebwerke nicht standhielt und augenblicklich aufbrach. Riesige Stücke der Armierung flogen hunderte von Meter weit durch die Gegend. Eine gewaltige Sandwolke wurde aufgewirbelt, die sich noch Stunden später, fortgetragen durch den Wind, viele Kilometer von der Startstelle entfernt auf Häusern, Straßen und Autos absetzte. Als sich alles gelegt hatte, sah es am South Padre Island und in Boca Chica ein wenig aus, wie eines dieser Sahara-Sand-Ereignisse, die wir manchmal in Europa erleben, nur viele Male stärker. Die Autos waren so eingestaubt, dass man mit dem Zeigefinger Gesichter auf die Windschutzscheibe malen konnte.

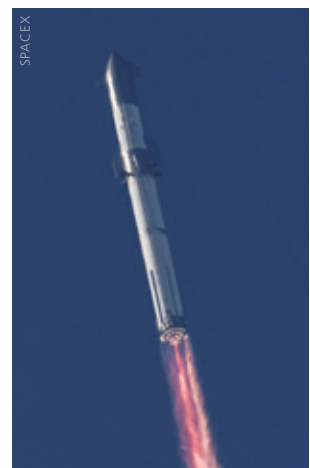
Die startende Rakete, die endlose Sekunden in dieser gigantischen Staubwolke zu verharren schien, bevor sie sich schließlich mit zeitlupenartiger Geschwindigkeit herausschälte, hinterließ unter dem Startpodest einen viele Meter tiefen Krater. Die herumfliegenden Gesteinsbrocken beschädigten die nahegelegene Tank-Farm, verbeulten die Kryo-Behälter und lagen überall auf dem Strand herum. Alle in der Nähe der Rakete installierten Kameras der Fotografen wurden zerstört. Nur bei einigen wenigen konnten zumindest die Speicherkarten gerettet werden, so dass es einige wenige Nahaufnahmen des Starts gibt. Alles in allem wirkte die Szenerie vor allem in der Nähe des Startsockels apokalyptisch. Schäden an der Startrampe im Starbase-Komplex standen schon vor dem Flug ganz oben auf der Liste der Bedenken, die Musk vor dem Starship-Testflug hatte. „Ich würde es schon als Erfolg betrachten“, so meinte er vor dem Start „wenn



In der näheren Umgebung des Startplatzes sah es aus, wie in einem SF-Endzeit-Movie.

wir uns weit genug von der Startrampe entfernen, bevor etwas schief geht. Wir dürfen fast alles, bloß nicht die Startanlage in die Luft blasen.“ Allerdings war es am Ende ziemlich genau das, was die Rakete bei ihrem Erstflug machte. Lediglich der gewaltige Serviceturm, das teuerste Element der Bodeninfrastruktur am Startplatz, überstand die Ereignisse scheinbar unbeschadet.

Musk sagte weiter, SpaceX habe diese erste flugbereite Super Heavy-Erststufe mit der Bezeichnung Booster 7 mit einer Abschirmung nachgerüstet, um seine 33 Raptor-Motoren vor Ausfällen benachbarter Triebwerke durch möglicherweise herumfliegende Trümmer zu schützen. „Das ist sehr wichtig“, so Elon Musk wörtlich, „...denn wenn man 33 Triebwerke hat, und eines davon geht kaputt, ist das genauso, als hätte man eine Kiste voller Granaten, und zwar wirklich großer Granaten“. Es war bei diesen Statements unmittelbar nach dem Testflug nicht klar (und ist es immer noch nicht), wie viele der Triebwerksausfälle am Super Heavy-Booster – wenn überhaupt – auf Schäden durch Probleme an benachbarten Triebwerken zurückzuführen waren, oder ob sie nicht möglicherweise schon durch herumfliegende Zementbrocken in der Anfangsphase des Starts verursacht wurden. In einem offiziellen Newsletter kurz nach dem Testflug zeigte sich SpaceX aber recht unbeeindruckt. Das Unternehmen vermeldete, dass...“bei einem Test wie diesem der Erfolg auf dem beruht, was wir dabei lernen. Und heute haben wir wir enorm viel über die Fahrzeug- und Bodensysteme gelernt. Die heute gewonnenen



Auf diesem Bild sind die ausgefallenen Triebwerke deutlich zu erkennen

Erkenntnisse werden eine große Hilfe sein, das Starship-System einsatzbereit zu bekommen“. Wo bei einem ähnlichen Ereignis andernorts eine jahrelange Flugunterbrechung die Folge wäre, begann man hier schon nach wenigen Tagen mit den Reparaturarbeiten und Verbesserungen. Die nächste Rakete stand ohnehin schon mehr oder weniger flugbereit in der Halle. Beim nächsten Start wird eine gewaltige wassergekühlte Stahlplatte unter dem Startsockel liegen. Große Mengen aus Öffnungen herausflutenden Wassers sollen die akustischen Energien dämpfen, und zusätzlich ein erneutes Spektakel mit großen Mengen herausgeschleuderten Betons verhindern. So zumindest hofft Musk. Ein Probelauf der Anlage bei einem statischen Brenntest des nächsten Starship hat die Wirksamkeit der neuen Anlage bereits unter Beweis gestellt.

Elon Musk meldete schon bald auf Twitter, dass der nächste Start bereits in ein paar Monaten erfolgen könnte. Die Arbeit am nächsten Starship ist jedenfalls weitgehend beendet, die Anlagen sind wieder aufgebaut. Die Verbesserungen wurden vorgenommen. Nun wartet SpaceX nur noch auf die Flugfreigabe der Federal Aviation Administration (FAA).



Das Starship gewinnt an Höhe.

Der Super Heavy-Booster übertraf die Gesamtleistung der N1-Trägerrakete der Sowjetunion, die seinerzeit über 30 Motoren mit 10 Millionen Pfund Schub verfügte. Die N1 erreichte auf keinem ihrer vier Testflüge von Baikonur aus zwischen 1969 und 1972 den Weltraum. Der Starship-Testflug am Donnerstag schaffte es bei seinem versuchten Aufstieg ins All immerhin weiter als jede der vier N1-Raketen, die vor mehr als 50 Jahren ihre Testflüge unternahmen.

Die riesige neue Rakete von SpaceX erzeugt auch etwa doppelt so viel Schub wie die Saturn-V-Mondrakete der NASA aus dem Apollo-Programm oder die Space Launch System-Rakete der NASA, die im November erstmals erfolgreich einen Testflug für das Artemis-Mondprogramm der NASA absolvierte.

Die neue Rakete, die SpaceX schon in naher Zukunft vollständig wiederverwendbar machen will, soll bis zu 150 Tonnen Fracht in eine erdnahe Umlaufbahn befördern. Für Missionen zu weiter entfernten Zielen wie dem Mond muss SpaceX die Betankung im Orbit beherrschen. Das ist noch nie zuvor in so großem Maßstab und vor allem mit kryogenen Treibstoffen versucht worden.



Die Flugbahn-Abweichungen werden größer.

Wäre der Testflug nach Plan verlaufen, hätte sich das eigentliche Starship – also die Oberstufe der Rakete – zwei Minuten und 49 Sekunden nach Beginn der Mission von seinem Super Heavy-Booster gelöst, danach die sechs Raptor-Triebwerke gezündet, um schließlich für etwa 45 Minuten in eine Umlaufbahn um die Erde einzutreten. Das Raumschiff, das in der Nomenklatur von SpaceX die Nummer „Ship 24“ trägt, hätte dabei ein Apogäum von 235 Kilometern erreicht, bevor es schließlich über dem Pazifischen Ozean wieder in die Atmosphäre zurückgekehrt wäre, um dann vor Hawaii im Wasser zu landen. Um es vor der Wiedereintrittshitze zu schützen, war das Fahrzeug mit Tausenden von Keramikkacheln bedeckt.

Der Testflug am 20. April kam jedoch nicht weit genug, um die Oberstufe des Raumschiffs und seine Fähigkeit, wieder in die Atmosphäre einzudringen, zu testen. Der Super Heavy-Booster, also die Unterstufe, war so programmiert, dass er einige seiner Raptor-Triebwerke nach der Trennung von der Oberstufe des Raumschiffs erneut gezündet hätte, um dann eine kontrollierten

Wasserung im Golf von Mexiko durchzuführen. Dies sollte einen Test für die Bergung und Wiederverwendung bei zukünftigen Landungen des Boosters darstellen. Auch dieses Ziel wurde nicht erreicht.

Musk meinte nach dem Start: „Es mag noch ein wenig dauern, bevor wir das Schiff in den Orbit bekommen. Doch sobald es uns gelingt, das Starship in die Umlaufbahn zu bringen, müssen wir es auch wieder zurückholen können. Wir müssen es wieder sicher landen. Und das nicht irgendwo. Damit es schnell wiederverwendbar sein soll, muss es genau dort landen, von wo es gestartet ist, denn ein Transport dieses gigantischen Biests über große Entfernungen wäre enorm aufwendig.“

Das Starship soll in einigen Jahren die Falcon 9 ablösen. Musk hat sich jedoch verpflichtet, diesen deutlich kleineren Träger auch bei einem Erfolg des Starship noch mindestens bis zum Betriebsende der ISS, also mindestens bis zum Ende der 20er-Jahre in Dienst zu behalten, wenngleich mit reduzierten Startzahlen.



Das Starship beginnt zu taumeln.

Weiter meinte er: „Diejenigen, welche die Geschichte der Falcon 1 und Falcon 9 sowie unsere Anläufe zur Wiederverwendbarkeit verfolgt haben, wissen, dass es fast 20 Versuche gebraucht hat, bis wir tatsächlich erstmals eine Stufe zurückgewonnen haben. Und dann brauchte es noch viele weitere Flüge, bis wir eine sinnvolle Wiederverwendbarkeit erreichten, bei der wir nicht nach jeder Mission die ganze Rakete neu bauen mussten.“ Sobald das Starship einsatzbereit ist, wird sein erster Auftrag darin bestehen, die Starlink-Internetsatelliten der v2-Reihe des Unternehmens abzusetzen. Dabei handelt es sich um schwere Breitband-

Relaisstationen der nächsten Generation, die sich deutlich von den Satelliten unterscheiden, die derzeit von der Falcon-9-Rakete gestartet werden.

Eine von SpaceX veröffentlichte Animation zeigte das Konzept des Unternehmens für den Einsatz von Starlink-Satelliten von einem Starship aus. Dabei wird ein Mechanismus verwendet, der wie ein riesiger Pez-Spender funktioniert. Im Übrigen zeigte sich auch NASA-Administrator Bill Nelson wenig besorgt über das Ergebnis dieses ersten Flugtests. „Herzlichen Glückwunsch an SpaceX zum ersten integrierten Flugtest von Starship!“ schrieb NASA-Administrator Bill Nelson in einer Erklärung nach dem Start am 20. April. „Jede große Errungenschaft im Laufe der Geschichte erforderte ein gewisses Maß an kalkulierte Risiko, denn mit einem großen Risiko geht auch eine große Belohnung einher. Ich freue mich auf alles, was SpaceX lernt. Auf zum nächsten Flugtest – und darüber hinaus.“

Beobachter des Programms nehmen an, dass für den zweiten Flugtest Booster 9 und das Ship 26 eingesetzt werden. Die Missionsziele dürften dieselben sein, wie beim ersten Testflug.



Die Rakete explodiert schließlich in knapp 40 Kilometern Höhe.

DIE ÄRA DES STARSHIP BEGINNT

War die Mission nun ein Fehlschlag? Nein, das war sie gewiss nicht. Für diejenigen, die etwas mehr über die Trägerraketenindustrie und über iterative Designmethodik wissen, war es ein großer Erfolg, die Super Heavy-Rakete mit ihrer Starship-Oberstufe von der Startrampe zu bringen.

Warum? Man kann natürlich ewig in Meetings sitzen und alles antizipieren, was bei einer solchen Rakete mit ihrer beispiellosen Anzahl an Triebwerken der ersten Stufe und ihrer kolossalen Größe alles schief gehen könnte.

Die Alternative besteht darin, die Rakete in eine hinreichend gute Konfiguration zu bringen und dann einfach mal loszufliegen. Ein richtiger Flug ist der ultimative Test und liefert die besten Daten. Es gibt keine Angst mehr vor theoretischen Fehlern, die vielleicht nie eintreffen und letztendlich zu einem „overdesign“ führen. Die Ingenieure des Unternehmens können aus dem realen Flug die realen Fehler klar identifizieren und sie beheben. Die Methode hat nur einen Nachteil: Man muss bereit sein, eine Anzahl von Misserfolgen zu akzeptieren.

Der Prozess von SpaceX ist also chaotischer, aber er ist auch schneller. Man muss auch bedenken: Die NASA hat viele Milliarden Dollar und etwa ein Jahrzehnt für den Bau der Space Launch System-Rakete investiert, die Ende 2022 – abgesehen von Schäden am Startturm – einen nahezu fehlerfreien Erstflug absolvierte. Die NASA folgte dabei der linearen Designmethode, komplett mit umfangreichen, langdauernden und kostspieligen Analysen. Sie machte es, weil ein Ausfall der SLS-Rakete ernsthafte Zweifel an der Kompetenz der Agentur aufgeworfen hätte. Zum Glück kann sich SpaceX als Privatunternehmen das Scheitern leisten. Dies ist möglich, da bereits vier weitere Super Heavy-Raketen gebaut wurden, die fast flugbereit sind. Tatsächlich kann SpaceX in der Zeit, die die NASA für den Bau einer einzigen SLS-Rakete benötigt, mindestens zehn Super Heavy-Erststufen bauen. Wenn die ersten fünf scheitern, die nächsten fünf aber erfolgreich sind, welches Ergebnis ist dann das Bessere? Wie wäre es in zwei oder drei Jahren, wenn SpaceX ein Dutzend oder mehr Super Heavy-Raketen startet und landet, während die NASA-Methode nicht mehr als einen einzigen Start etwa alle 18 Monate bis zwei Jahre zulässt?

Ja, das erste Starship von SpaceX explodierte an diesem 20. April. Aber das Unternehmen wird lernen. Und es wird wieder und wieder fliegen, so lange, bis alle Fehler ausgemerzt sind. Das heißt natürlich nicht, dass dieser Flugtest keinen Anlass zur Sorge geben sollte. Vieles ist noch zu tun. Die Zuverlässigkeit der Triebwerke muss wachsen, die Bodeninfrastruktur verbessert werden, das komplexe System der Treibstoffleitungen muss vielleicht überarbeitet werden. Da hilft es, dass SpaceX über enorme Fertigungskapazitäten verfügt. Das Unternehmen kann beispielsweise jeden Tag eines der neuen Raptor-Triebwerke herstellen. Eine Rate die unerreicht ist in der Raumfahrt-Industrie. Positiv zu vermerken ist, dass die Federal Aviation Administration bestätigte, dass es bei diesem Test keine Verletzten gab. Alle vorher eingeführten Sicherheitsmaßnahmen griffen wie geplant. Die Schäden, obwohl sie erheblich aussahen, spielten sich alle (bis auf einen, nämlich die Sache mit dem Flugsand) im vorher definierten und abgesperrten Sicherheitsbereich ab. Darüber hinaus war einer der größten zukünftigen Kunden dieser Rakete, die NASA, mit dem Test zufrieden. SpaceX hatte sich im Vorfeld gegen Schäden Dritter mit einer halben Milliarde Dollar versichert.

Wenn SpaceX all diese Probleme behebt, und davon kann man ausgehen, sieht man sich die Geschichte dieses Unternehmens an, dann wird es in absehbarer Zeit über die größte vollständig wiederverwendbare Rakete der Welt verfügen. Das Starship hat das Zeug, die Beziehung der Menschheit zum Kosmos für immer zu verändern.



Schon in wenigen Jahren soll das Starship auch für die NASA im Einsatz sein, so wie es diese künstlerische Darstellung mit einer Szene am Lunar Gateway zeigt.

**WEITER GEHT'S
IM VOLLSTÄNDIGEN
*SPACE2024***