

Ariane 6: Präzision, die durchstartet

Wahrhaftige «Rocket Science»: Aus der engen Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen ging eine weltweit einzigartige Kugelstrahl-Umformmaschine hervor, die Bauteile für die Treibstofftanks der Trägerrakete Ariane 6 fertigt. Zahlreiche Siemens-Komponenten gewährleisten den reibungslosen Ablauf des anspruchsvollen Fertigungsprozesses.

Am 9. Juli 2024 war es so weit: Die neue Ariane-6-Rakete startete erfolgreich vom «Weltraumbahnhof» Kourou in Französisch-Guyana und erfüllte ihre Mission, zahlreiche Satelliten im Orbit für Forschungszwecke zu platzieren. Die ArianeGroup entwickelte die 62 Meter lange Schwerlast-Trägerrakete Ariane 6 im Auftrag der Europäischen Weltraumorganisation (ESA). Damit ist Europas eigenständiger Zugang zum Weltraum gesichert.

Nach dem Erststart hat sich im März 2025 die nächste Ariane-Träger-rakete auf den Weg ins Weltall gemacht. Dazu benötigt sie mehr als 140 Tonnen Treibstoff aus Wasser- und Sauerstoff. Den Boden und Deckel der vier Treibstofftanks bilden sogenannte Domsegmente aus einer speziell für diesen Zweck hergestellten Aluminiumlegierung. Diese kuppelförmigen Bauteile zählen zu den am stärksten beanspruchten Teilen der Rakete und bestehen aus mehreren verschweissten Paneelen. Damit die Bauteile den hohen Belastungen während des kurzen Fluges ins All standhalten, müssen sie vor dem Verschweissen masshaltig und frei von Rissen und Eigenspannungen sein. Dies geschieht durch das sogenannte «Peen Forming» oder Kugelstrahlen. Bei diesem Umformprozess wird ein Bauteil – ähnlich dem klassischen Schmieden – durch den intensiven Beschuss mit unterschiedlich grossen Stahlkugeln in Form gebracht.

Die Königsdisziplin der Strahltechnik
Kugelstrahlen ist ein sehr anspruchsvoller Prozess, erklärt Alexander Hoschka, Projektleiter bei MT Aerospace: «Die Kugeln werden mit Druckluft präzise und in exakt definierter Menge auf das Bauteil geschossen. Die Kunst ist es, alle Prozessparameter wie Durchflussmenge, Prozessdruck, Kugelgeschwindigkeit und Düsenführung entlang des Werkstücks im Griff zu haben. Da mit dem Fortschreiten der Umformung punktueller gestrahlt wird, müssen die Roboter den Strahl innerhalb von 0,1 Sekunden von der Werkstückoberfläche weg- und zurückbewegen.» Ein patentiertes Dosiersystem regelt die Durchflussmengen der Kugeln. Es ist für Durchflussmengen bis zu 30 kg/min ausgelegt und fünf verschiedene Kugeldurchmesser bis 10 mm



Die Bauteile für die Ariane-Treibstofftanks sollen niemals von menschlicher Hand berührt werden.
(Bild: Stefan Schlumpf – stefanschlumpf.com)

«Wir sind stolz auf das erfolgreiche Projekt, das dank der innovationsfreudigen Zusammenarbeit aller Beteiligten im wahrsten Sinne des Wortes durchgestartet ist.»

Alexander Hoschka
Projektleiter bei MT Aerospace

können ohne Umstellung verarbeitet werden. Wichtig ist, zerbrochene Kugeln oder allenfalls auch Fremdteile wie Schrauben umgehend aus dem Prozess zu entfernen, sie könnten sonst zu irreparablen Schäden am Raketenteil führen. Das Shot-Peening-Verfahren wird in mehreren Dutzend Arbeitsgängen mit unterschiedlichen Kugeldurchmessern sowohl auf der konkaven als auch auf der konvexen Seite des Werkstücks durchgeführt. Zwischen den Peening-Operationen finden wiederholt Inline-Form-Messungen statt, um in Echtzeit festzustellen, ob der Prozess innerhalb seiner Kontrollparameter liegt. Die Herstellung eines Bauteils dauert bis zu sieben Stunden.

Entwickelt hat dieses spezielle Verfahren die Firma MT Aerospace. Der Technologieführer für Leichtbau-Strukturen aus Metall und Composite Materialien stellt die Domsegmente im bayrischen Augsburg her. «Die Anlage ist weltweit einzigartig», verrät Hoschka. «Wir haben speziell für diese Aufgabe verschiedene Partner an Bord geholt.» So wurde das Strahlprozesstechnikunternehmen Sentenso mit dem Bau einer Testmaschine beauftragt, um den Peening-Prozess zu entwickeln. Der Datenspezialist Nebumind nutzte die so gewonnenen Erkenntnisse, um ausgeklügelte Algorithmen für die automatische Generierung der Peening-Programme zu implementieren und um den Prozess zu überwachen. Parallel dazu hat der Maschinenbauer Freymatic in enger Zusammenarbeit mit MT Aerospace und TBM Automation die Kugelstrahlanlage inkl. dem Teilehandling entwickelt und gebaut.




Das Kugelumformen bietet den Vorteil, dass die Bauteile ultraleicht ausgelegt werden können und höchsten Beanspruchungen standhalten.
(Bild: Stefan Schlumpf – stefanschlumpf.com)

Tausende von «Handshakes»
Für das Herzstück der Anlage, den anspruchsvollen Dosierprozess der Kugeln, war das Automatisierungsunternehmen TBM Automation zuständig. Dazu Geschäftsführer Silvester Tribus: «Wir mussten dafür sorgen, dass die Anlage in den Strahldüsen jederzeit die richtige Menge Kugeln mit der richtigen Geschwindigkeit zur Verfügung stellt. Zudem werden die Kugeln wiederverwendet und müssen entsprechend automatisch sortiert werden.» Um diese und zahlreiche weitere Funktionen wie das komplexe Transportsystem, Schutzmechanismen, die Entfernung defekter Kugeln sowie die beiden Roboter in die Anlage zu integrieren, setzt das Unternehmen aus dem Rheintal verschiedene Siemens-Komponenten ein. In der Anlage sind vier Simatic-Steuerungen mit diversen Peripheriegeräten am Werk. Siwarex Mess- und Wägesysteme überwachen präzise die Kugelmenge. Weiter sorgen 16 Stück G120-Antriebe, mehrere HMI, RFID-Systeme und eine unterbrechungsfreie Sitop-Stromversorgung für reibungslose Abläufe. «Speziell bei diesem Projekt waren auf jeden Fall der Umfang und die Komplexität der Aufgabe. Die Kugeln sind verhältnismässig gross und schwieriger zu dosieren als kleine», betont Urs Tobler, Projektverantwortlich für die Software bei TBM. «Wir bedienen in dieser Maschine über 1000 Ein- und Ausgangspunkte. Daraus ergeben sich sehr viele sogenannte Handshakes, also authentifizierte Client-Server-Verbindungen, um Daten auszutauschen.»

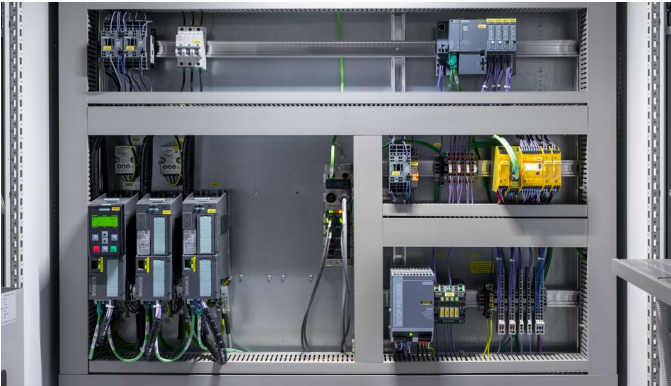
Die Steuerungen und Roboter liefern ihre Daten über eine OPC-UA-Verbindung an einen Edge-Computer. So stehen alle Prozessdaten der Anlage für die KI-gestützte Auswertung und Programmkorrektur zur Verfügung.

Die Automation haben die TBM-Fachleute vollständig im TIA Portal realisiert. «Diese Plattform ermöglicht eine komfortable Programmierung, Konfiguration und Überwachung von Automatisierungssystemen. Sie ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken. Bei uns arbeiten vier zertifizierte TIA-Programmierer», sagt Hubert Mathis, Projektverantwortlich für die Hardware bei TBM. TBM Automation zählt seit 2012 zu den Siemens Solution Partnern, die über fundiertes Fachwissen und Erfahrung im Einsatz von Siemens-Technologien und -Produkten verfügen. «Siemens steht für Qualität und Langlebigkeit. Wir schätzen die geringen Ausfallraten, den Langzeitsupport, die gut verfügbaren Ersatzteile und die vielfältigen Möglichkeiten, Fremdprodukte zu integrieren. Nicht zuletzt geniesst Siemens eine hohe Akzeptanz bei unserer Kundschaft.»

Digitale Bauteil-Zwillinge sichern die Qualität
Die Bauteile werden nach ihrer Fertigung gründlich geprüft. Um ihre Qualität jederzeit lückenlos nachweisen zu können, wird auf der von Nebumind entwickelten Datenbank von jedem Domsegment ein digitaler Zwilling abgelegt. Er enthält die Messdaten der unzähligen in der Maschine verbauten Sensoren und gibt Auskunft über alle Achsstellungen der Roboter. Sollten bei der externen Qualitätskontrolle Ungereimtheiten auftreten, lassen sich so alle

 **Technik in Kürze**

Die komplexen Prozess- und Transportsysteme sind jeweils mit einer eigenen Simatic-S7-Steuerung ausgestattet und untereinander vernetzt. Die Kugelmenge und der Dosierprozess werden mit dem Siwarex Mess- und Wägesystem präzise überwacht. Die speziell für industrielle Anwendungen entwickelten Wägemodule und Systeme, lassen sich in Automatisierungs- und Prozesssteuerungssysteme integrieren, insbesondere in Verbindung mit dem Simatic-System von Siemens.



Insgesamt vier Simatic-Steuerungen, etliche IO-Peripheriemodule, Sinamics-Frequenzumrichter, eine unterbrechungsfreie Sitop-Stromversorgung und das Siwarex-Wägesystem sind in der Anlage verbaut.

Vorgänge exakt nachvollziehen. Die grosse Datenmenge soll zudem wertvolle Informationen für die Entwicklung künftiger Produkttypen liefern.

Bald wird die nächste Ariane-6-Rakete die Erde verlassen und ihre Dienste im All tun. Viele weitere Weltraummissionen sollen folgen. Die Nachfrage nach Raketen-Startsystemen sei derzeit hoch, sowohl bei den institutionellen als auch bei den kommerziellen Kunden von MT Aerospace, gibt Hoschka preis: «Wir sind stolz auf das erfolgreiche Projekt, das dank der innovationsfreudigen Zusammenarbeit aller Beteiligten im wahrsten Sinne des Wortes durchgestartet ist.»

 **Kundschaft**

MT Aerospace AG
MT Aerospace ist ein führendes internationales Luft- und Raumfahrtunternehmen. Mehr als 500 Mitarbeitende entwickeln, fertigen und testen Komponenten für institutionelle und kommerzielle Trägerraketenprogramme, für Flugzeuge, Satelliten und für Anwendungen in der Automobil- und Verteidigungsindustrie.

TBM Automation AG
Seit 1991 erarbeitet der Siemens Solution Provider TBM Automation mit Sitz im Kanton St. Gallen professionelle Lösungen für die Industrieautomation. Die rund 20 Mitarbeitenden bieten alle Leistungen vom massgeschneiderten Konzept bis hin zur Inbetriebnahme.

Solution Partner

Automation Drives



Freymatic AG
Als führendes Unternehmen in der Branche entwickelt und fertigt Freymatic High-End Strahlanlagen, die für die Oberflächenbehandlung hochbelastbarer Bauteile konzipiert sind.

Nebumind AG
Nebumind unterstützt Produktionen bei der digitalen Transformation mit Softwarelösungen zur Visualisierung, Analyse und Kontrolle von Produktqualität und Prozessstabilität.