



Der F-35 verfügt mit der gut 5,5 Meter langen F-135 Turbine über das stärkste Nachbrennertriebwerk der Welt. Aber der gestiegene Bedarf an Leistung und noch mehr Power.

## F-35-Auslieferung stockt wegen Upgrade und die Frage nach mehr Power

Über 960 F-35 hat **Lockheed Martin** bis Anfang September ausgeliefert. Eine stolze Zahl und das bevor die Produktionsrate ihr Maximum erreicht hat. Der F-35A verkauft sich nach wie vor gut und es macht den Eindruck, dass fast jedes Land, das eine Exportfreigabe bekommt und sich das Flugzeug leisten kann, diesen Jet der fünften Generation wählt. Während Frankreich und Schweden mit ihren eigenen Kampfflugzeugprogrammen Ausnahmen sind, sind **Tschechien** und **Rumänien** die jüngsten Beispiele für Staaten, die den F-35 wollen.

Die Nachfrage für den F-35 bleibt also ungebrochen hoch, noch immer plant alleine die **US Air Force** über 1700 F-35A in Dienst zu stellen. Als anvisierte Produktionsrate, die 2025 erreicht werden soll, gibt Lockheed Martin **156 Maschinen pro Jahr** an. Doch nach 141 Auslieferungen im letzten Jahr, wird diese Zahl 2023 trotz der grossen Nachfrage deutlich sinken. Im September musste Lockheed Martin die Schätzung bezüglich der Jahresproduktion erneut nach unten korrigieren, auf noch knapp 100 Maschinen. Geplant gewesen war für das laufende Jahr eigentlich die Auslieferung von rund 150 Maschinen.

Wie für die ganze Industrie sind bei Lockheed Martin die **Zuverlässigkeit von Lieferketten** und genügend Fachkräfte ein Thema,

doch für Verzögerungen bei der Auslieferung sorgt aktuell vor allem ein Upgrade: die neu eingeführte Konfiguration **Technology Refresh 3 (TR-3)**. Auch die Schweiz wird F-35A mit dem TR-3-Upgrade erhalten. TR-3 umfasst eine Reihe von Hard- und Software-Updates, im Wesentlichen sind es **neue Computer-Chips**, die eingebaut werden. Der F-35 als fliegendes «Datencenter» erhält mit den neuen Rechenkernen des TR-3 Leistungsreserven bezüglich Computer-Power und kann die Daten von Sensoren, Kommunikationssystemen und Waffen mit 5G-Geschwindigkeit verarbeiten. Obwohl man TR-3 einem F-35A äusserlich nicht ansehen wird, handelt es sich um ein wesentliches Upgrade, das **25-mal mehr Rechnerleistung** verspricht. Diese Computer-Power wiederum braucht es, um die Fähigkeiten der Version **Block 4** des F-35 einzuführen. Block 4 hat auch die Schweiz bestellt und beinhaltet erweiterte Sensorfähigkeiten und neue Waffen, die das Waffensystem F-35 insgesamt deutlich leistungsfähiger machen.

Ein F-35 mit integriertem TR-3-Upgrade ist am 6. Januar 2023 ab der Edwards Air Force Base zum ersten Mal geflogen. Seither sind dem Vernehmen nach über 100 Testflüge durchgeführt worden und die Resultate bezüglich Hardware seien positiv. Doch das Programm kämpft mit einem **Zeitproblem**:

Das relativ tiefgreifende Upgrade kommt mit Verspätung und die Zulassungsflüge sind nicht abgeschlossen. Lockheed Martin ist in diesem Jahr bereits dabei, die F-35-Produktion von TR-2 auf TR-3 umzustellen, obwohl der neue Standard noch getestet wird. Das US-Verteidigungsministerium will die neuen F-35 auf dem TR-3 Standard aber nicht abnehmen, bis die Validierung und **Zertifizierung** komplett abgeschlossen ist. Das Verteidigungsministerium liess verlauten, dass diese TR-3-Zertifizierung «frühestens im Dezember» abgeschlossen werde, sich aber auch bis April 2024 hinziehen könne.

«Für Verzögerungen bei der Auslieferung sorgt aktuell vor allem ein Upgrade: die neu eingeführte Konfiguration **Technology Refresh 3 (TR-3)**».

Aktuell befindet sich zum Beispiel der erste **F-35A für Belgien** auf der Endmontagelinie – inklusive TR-3. Laut Lockheed Martin soll diese Maschine noch vor Jahresende fertiggestellt werden. Aber auch Belgien hat sich der Entscheidung der US-Regierung angeschlossen

werk an Bord für die Stromversorgung und sie brauchen Kühlung. Diese Aufgabe übernimmt das **F135-Triebwerk** von **Pratt & Whitney** zusammen mit dem Power- und Temperaturmanagementsystem von **Honeywell** (Power and Thermal Management System – PTMS). Allerdings – immer leistungsfähigere Sensoren und Computer brauchen immer mehr **Energie und Kühlung**. Obwohl das F135-Triebwerk mit bis zu 43'000 Pfund Nachbrennerschub (191 kN) das stärkste Kampfjettriebwerk ist, reicht nicht einmal diese Leistung, um den Bedarf längerfristig zu decken.

« Im langen Hin und Her der Pros und Contras für beide Lösungsansätze scheint sich in diesem Jahr das ECU von Pratt & Whitney durchgesetzt zu haben.

Vor diesem Hintergrund hat sich **GE Aerospace** mit seinem neuen **XA100 Triebwerk** in Position gebracht. Dank neuartiger Technologien sei dieses adaptive Triebwerk die perfekte Lösung, um den Leistungsbedarf des F-35 auch in Zukunft zu decken und das erst noch bei tieferen Betriebskosten. Pratt & Whitney dagegen will das Geschäft mit dem F-35-Antrieb natürlich nicht aufgeben und hat ein Upgrade des F135-Triebwerks vorgeschlagen, das sogenannte **ECU (Engine Core Upgrade)**. Im langen Hin und Her der Pros und Contras für beide Lösungsansätze scheint sich in diesem Jahr das ECU von Pratt & Whitney durchgesetzt zu haben. Der Triebwerksbauer hat vom US Verteidigungsministerium jedenfalls erste Aufträge für die Vorbereitung eines ECU für die US-F-35 erhalten. Ein gewichtiges Argument für das ECU: Das Upgrade ist mit allen Versionen des F-35 kompatibel, während das komplett neue XA100 Triebwerk mindestens bei der Senkrechtlandeversion F-35B nicht eingebaut werden könnte.

Funktioniert der F-35A Block 4 nur mit der verstärkten Triebwerksleistung? Die Antwort fällt nicht ganz eindeutig aus. Block 4 mit dem aktuellen Triebwerk sei möglich, ist von Experten von Pratt & Whitney wie auch der US Air Force zu hören. Gleichzeitig heisst es, die «vollen Block 4 Fähigkeiten» würden **mehr Leistung** brauchen, als das heutige F135 abgibt. Was aber genau die «vollen Block 4 Fähigkeiten» beinhalten, ist zumindest öffentlich gar nicht klar.

Block 4 soll zum Beispiel das **neue AN/APG-85 Radar**, Verbesserungen beim elektro-optischen Zielsystem (EOTS) oder beim erneuerten **EW-System** (Electronic Warfare)

beinhalten, das bei **BAE Systems** bereits produziert wird. Es gibt auch keine klare Grenze zwischen «funktioniert» und «funktioniert nicht», aber der gestiegene Leistungsbedarf für Elektronik und Kühlung beansprucht die Turbine.

**Michael Schmidt**, Generalleutnant der US Air Force und aktuell Leiter des F-35 Joint Program Office (JPO), sagte am 29. März bei einem Hearing vor dem Verteidigungsausschuss des US-Repräsentantenhauses, dass die Konzeption des F135-Triebwerks 15 kW Zapfluftabgabe für die Kühlung vorgesehen hat. Aber bereits gegen Ende der ursprünglichen F-35-Entwicklung sei der Kühlbedarf grösser gewesen. Darum und wegen dem steigenden Leistungsbedarf für Sensoren und Computer laufen die F135-Triebwerke **heisser** als vorgesehen, was mehr Verschleiss, rascheren Bedarf für Reparaturen und damit **höhere Betriebskosten** zur Folge hat.

Bis die Schweizer F-35 auf der Montagelinie entstehen, dürfte die TR-3-Konfiguration etablierter Standard sein. Das ECU für eine leistungsfähigere F135-Turbine wird dann wohl noch nicht für die Serienfertigung bereitstehen. Fachleute werden die Frage beurteilen müssen, ob und wann die Schweizer F-35 Block 4 ebenfalls ein **Upgrade für ihre Triebwerke** brauchen. Gut möglich, dass die **Leistungsanforderungen** der Schweizer F-35 nicht identisch sind mit beispielsweise jenen der US Air Force, die über einer Wüste das ganze Spektrum von Luf-Luft-, Luft-Boden- und Aufklärungsfähigkeiten mit dem ganzen Waffenarsenal nutzen und beispielsweise Himars-Lenk-waffen in ein Bodenziel steuern.

« Bis die Schweizer F-35 auf der Montagelinie entstehen, dürfte die TR-3-Konfiguration etablierter Standard sein.

Wichtig ist festzuhalten, dass das F-35-Programm nach wie vor sehr umfangreich und komplex ist. Es gab, wie bei ziemlich jeder Flugzeugentwicklung, immer auch kleinere und grössere Probleme, an denen laufend gearbeitet wird. Es gilt dabei zu berücksichtigen, dass diese Probleme in den USA teilweise im Rahmen von **Interessenpolitik** sehr kontrovers diskutiert werden. Die Frage zur Zukunft des Triebwerks, wo sich die Konkurrenten Pratt & Whitney und GE Aerospace mit unterschiedlichen Lösungsvorschlägen gegenüberstehen, ist nur ein Beispiel dafür. *Eugen Bürgler*

[www.f35.com](http://www.f35.com)

und Kühlung für Systeme und Computer verlangt nach

Foto Royal Norwegian Air Force

und will keine F-35 übernehmen, solange die **TR-3-Zertifizierung aussteht**, obwohl Belgien den ersten F-35A für die Ausbildung der Piloten in den USA eigentlich noch in diesem Jahr erwartet hat. In Belgien ist die Ankunft des ersten F-35A auf der neuen Homebase Florennes für 2025 geplant, 2027 ist die Einführung des F-35A auch in Kleine Brogel vorgesehen. Ob sich diese Verspätung weiter auswirken wird, ist heute noch nicht klar. Lockheed Martin produziert weiter und hofft natürlich, die bereits produzierten F-35 rasch ausliefern zu können, wenn die Zulassung für TR-3 vorliegt. Doch der Druck auf die Auslieferungsfahrpläne mehrerer Nationen wird zunehmen.

Die Schweizer F-35A folgen im Zeitplan der Produktion nur rund zwei Jahre hinter den belgischen Maschinen: Mit der US-Regierung ist vertraglich vereinbart, dass die ersten acht in den USA hergestellten Maschinen für die Schweiz **2027** in Forth Worth ausgeliefert werden. Darauf folgend sind Testflüge und Ausbildungen in den USA vorgesehen, bis diese Flugzeuge etwa Ende 2029 in die Schweiz überflogen werden. Bereits **2028** werden acht F-35A vom **Leonardo-Werk Cameri** in Norditalien ausgeliefert, für 2029 und 2030 ist die Auslieferung von je zehn weiteren F-35A für die Schweiz in Cameri geplant.

TR-3 ist nicht die einzige offene Baustelle im F-35-Programm. Als Datacenter braucht der F-35 nicht nur Schub zum Fliegen, die leistungsstarken Computer brauchen ein Kraft-