

Cessna Caravan von Xwing beim autonomen Anflug und Landung auf dem Hayward Executive Airport in der San Francisco Bay Foto: Xwing

Xwing entwickelt unbemanntes Frachtflugzeug

CESSNA CARAVAN FLIEGT AUTONOM

ie Cessna Caravan ist ein robustes Flugzeug, quasi der VW-Bus unter den Utility-Flugzeugen. Das Flugzeug ist leicht zu fliegen und es macht richtig Spaß, im Cockpit zu sitzen. Mit diesem Spaß könnte es irgendwann vorbei sein: Das Start-up-Unternehmen Xwing entwickelt eine Version der Caravan, die ohne Piloten autonom Frachtflüge fliegen soll. Dabei soll die Maschine – anders als bisherige Drohnen – vollständig in den normalen Luftraum integriert werden. Wir werfen einen Blick auf ein

spannendes Projekt und fragen nach Möglichkeiten, Grenzen und Risiken dieser Technologie ...

Ein neues Unternehmen

Xwing wurde 2016 von dem Software-Ingenieur und Piloten Marc Pierre gegründet. Pierre ist CEO des in San Francisco beheimateten Unternehmens. Xwing beschäftigt zurzeit etwa 22 Mitarbeiter, die meisten davon Experten in den Bereichen Flight Control Systems und Software Engineering.

Ganz im Stillen wurde von Xwing eine autonom fliegende Cessna Caravan entwickelt, von der man bisher wenig gehört hat. Nun ist der Flieger seinem Kokon entschlüpft, hat seine ersten autonomen Flüge gemacht, und Xwing geht an die Öffentlichkeit. In mehreren englischsprachigen Luftfahrtzeitschriften wie "Aviation Week & Space Technology" und "Flight International" erschienen Artikel dazu. Ebenso in Technologie-Magazinen, wie "Wired", und Wirtschaftspublikationen. Dabei geht es wohl weniger um Selbstdarstellung, als um mehr Geld und Personal. Das Unternehmen sucht weitere Investoren, Partner sowie Ingenieure. Bisher sind 14 Millionen US-Dollar in das Projekt geflossen, einer der bisherigen Investoren ist Thales, ein großer Luft-und Raumfahrtkonzern, der gerne den Fuß in neuen Entwicklungen drin hat. Aber das Geld reicht wahrscheinlich noch nicht für die Verwirklichung der ambitionierten Ziele.



Marc Pierre – Software Ingenieur, Pilot und CEO¹ von Xwing Foto: Xwing

Xwing hält sich bis auf die jetzige Presse-Kampagne mit Informationen sehr zurück. Die Informationen auf der Webseite sind sehr spärlich. Es wurden nur wenige Fotos für die Presse gepostet. Die auf der Webseite angegebene Firmenadresse ist in Downtown San Francisco. Auf Google Maps findet man ein älteres Streetview-Foto des Gebäudes mit dem Schild einer Immobilien-Firma "Available". Die Erde dreht sich schneller, als es Google recht ist.

Auch der Airport, an dem die Caravan getestet wird, ist nirgends benannt. Auf dem Xwing-Pressefoto, das die Caravan im autonomen Anflug auf einen ungenannten Airport zeigt, ist jedoch im Hintergrund die Skyline von San Francisco zu sehen: Der Airport, auf den dieser Anflug erfolgte, ist der Hayward Executive Airport, etwa 12 km südöstlich von Oakland International.

Bisherige Aktivitäten von Xwing

Xwing arbeitete zwei Jahre lang zusammen mit Bell Helicopters in dem von der NASA geförderten Projekt "Unmanned Aircraft Systems Integration into the National Airspace System". Das Projekt ist inzwischen abgeschlossen. In diesem Projekt wurde das "Detect and Avoid"-Sensor-Paket von Xwing in Bell's Autonomous Pod Transport 70 (APT 70) eingebaut. Die ATP 70 ist eine Drohne mit vier Rotoren und einer Nutzlast von 32 kg (32 kg sind 70 Pounds, daher der Name APT 70). In diesem Jahr flog die APT 70 erstmals im Class B Airspace von Dallas, Texas. Der Flug war der erste eines UAV (Unmanned Air Vehicle), der jemals im kontrollierten Luftraum zugelassen wurde.

Das Detect-and-Avoid-System von Xwing ist nun in die Xwing Caravan integriert, ebenso in einen Bell Helicopter. Xwing strebt erst einmal das Supplemental Type Certificate (STC) für das System in der Caravan an. Dieses STC ist die wichtigste Voraussetzung

¹⁾ CEO - Chief Executive Officer

schlechthin, um den unbemannten Betrieb im nationalen Luftraum der USA zu ermöglichen.

Hardware und Software

In den Statements von Xwing zu dem Projekt wird klar: Xwing will nicht das Rad neu erfinden oder, wie es CEO Marc Piette ausdrückte: "We're not trying to boil the ocean." Xwing hat sich entschieden, soweit als irgendwie möglich bewährte Hardware zu nutzen. Die Kernkompetenz des Unternehmens ist Software. Und es ist schon erstaunlich, was Computerprogramme heutzutage zu leisten in der Lage sind.

Xwing kaufte also zunächst eine robuste Plattform für die Entwicklung, eine Cessna 208B Grand Caravan, die jetzt als N101XW in der Kategorie Experimental zugelassen ist.

Das Flugzeug wurde so wenig wie möglich modifiziert. Es erhielt ein komplett neues Auto-Flight-System, das nicht nur die Steuerung, also Höhenruder, Quer- und Seitenruder, bedienen kann, Automatisches Bremsen soll ebenso dazugehören wie die volle Kontrolle über das Triebwerk - inklusive automatisches Anlassen, automatische Bedienung aller Triebwerkshebel und -funktionen – bis zum Abstellen der Turbine nach dem Flug. Die komplette manuelle Steuerung und Instrumentierung für die Piloten blieb erhalten, sodass das Flugzeug auch jederzeit von einem Piloten geflogen werden kann bzw. bei autonomen Flügen vom Piloten übernommen werden kann. Wenig bekannt ist über das Kommunikationssystem, das das Flugzeug mit dem Ground Controller verbinden soll, der den Flug überwacht. Das System ist noch in der

Entwicklung. Es wird wahrscheinlich auf eine sehr schnelle Satellitenverbindung hinauslaufen, denn es müssen nicht nur die Flugparameter übertragen werden, sondern auch Video- und Radar-Signale in real-time.

Den meisten Aufwand erfordert wohl die Entwicklung des Detect-and-Avoid-Systems, das Xwing als Erstes zulassen möchte. Das System soll plattformunabhängig sein, also nicht nur in Caravan einsetzbar. Ein solches System zugelassen auf den Markt zu bringen wäre alleine schon ein großer Coup.

Detect and Avoid

Das Herzstück der autonom fliegenden Cessna Caravan ist das Detect-and-Avoid-System. Ohne die Möglichkeit, vollautomatisch anderem Verkehr in der Luft auszuweichen oder einem Hindernis am Boden, ist ein autonomer Flugbetrieb ohne Piloten im öffentlichen Luftraum nicht möglich. Daher ist die vollständige Integration der Caravan in den "National Airspace" der USA oberstes Ziel von Xwing. Die Firma arbeitet von Anfang an eng mit der FAA zusammen. Und das ist auch gut so: Ohne den Segen der FAA kann so ein System niemals in zertifizierte Flugzeuge eingebaut werden.

Xwing verwendet für die Erkennung anderer Luftfahrtzeuge vier verschiedene Sensortypen. Zum einen natürlich ADS-B, mit dem in den USA zulassungsbedingt die meisten Flugzeuge ausgerüstet sind. Die ADS-B-Daten sind sehr präzise, etwas genauer als FLARM-Daten. Aber das Flugzeug soll ja jedem Verkehr ausweichen können, so wie ein Pilot nach Sicht anderen Maschinen entsprechend den Ausweichregeln ausweichen können muss. Daher wird der Luftraum vor



Auf dieser Ansicht der Xwing Caravan sieht man die beiden Sensor-Pakete rechts und links oben an den Wing-Struts. Jedes Paket besteht aus je drei FLIR-Kameras, einem LIDAR-Sensor und einer Radar-Antenne. Außerdem verwendet das Detect-and-Avoid-System ADS-B-Daten. Foto: Xwing Video

der Caravan auch mit Radar abgescannt. Das Radarsystem ist der zweite Signalgeber des Detect-and-Avoid-Systems und soll zuerst für diesen Zweck zertifiziert werden. Zwei Radar-Antennen sind in den Signal-Paketen an den beiden Wingstruts montiert. Daneben erhalten die Computer auch die Signale von insgesamt sechs FLIR2-Kameras, die ebenfalls zu Berechnung von Ausweichmanövern herangezogen werden. Als vierte Datenquelle sind zwei LIDAR-Sensoren der Firma Velodyne an den Wing-Struts angebaut. LIDAR (light detection and ranging) ist ein System, das mithilfe von für das menschliche Auge ungefährlichen Laserscannern die Umgebung abtastet. So kann

der Computer nicht nur mit einem 3-D-Bild der Umgebung gefüttert werden, er kann auch 3-D-Objekte erkennen. Zum Beispiel kann er eine Papiertüte von einem Auto auf dem Taxiway unterscheiden. Nach Angaben des Herstellers Velodyne haben die Sensoren – die auch in autonomen Autos verbaut sind – eine Reichweite von etwa 300 Metern. Ob diese Sensoren nur am Boden, also beim Rollen und bei Start- und Landung, verwendet werden, ist nicht bekannt.

Wie erwähnt arbeitet Xwing erst einmal mit den ADS-B- und Radar-Daten zur Kollisionsvermeidung. Die Daten der Kameras werden erfasst und ausgewertet, aber noch nicht in das Flight-Control-System eingespeist.

²⁾ FLIR (Foreward Looking Infra-Red) ist auch der Name des Kameraherstellers der sechs Xwing-Kameras. Neben den Infrarot-Signalen werden auch visuelle Daten verarbeitet.

Erhöhung der Sicherheit oder Kosteneinsparung?

Warum will man überhaupt den Piloten aus dem Flugzeug raus haben? Hier geht es längst nicht mehr um die Erhöhung der Flugsicherheit, wie man angesichts mancher von Piloten verursachten Unfälle vermuten könnte. Die Flugsicherheit konnte bereits durch Änderungen im Training und neue Ausrüstung (TAWS - terrain awareness and warning system, TCAS - traffic collision avoidance system) deutlich verbessert werden. Ebenso wurde bzw. wird die Sicherheit durch Hard- und Software-Änderungen bei den Flugzeugherstellern verbessert. So wurde beim A320 das Flight Control System nach dem Crash in Bilbao modifiziert, bei Boeing das System der 737 MAX - wobei Letzteres noch immer auf die Zulassung wartet. Warum also die Piloten loswerden? Das hat ganz klar Kostengründe. Xwing hofft auf eine deutliche Kosteneinsparung beim fliegenden Personal der kleinen Fracht-Zubringer, wenn sich das System einführen lässt. Die Firma geht von Kosteneinsparungen in Höhe von 20 bis 30 Prozent aus.

Was bedeutet eigentlich autonomes Fliegen?

Wenn man die Artikel zur Xwing Caravan liest, entsteht der Eindruck, das Flugzeug könne tatsächlich autonom fliegen. Autonom, das bedeutet bildungssprachlich³: "frei von äußeren Einflüssen und/oder Regeln", etwa so viel wie "autark, unabhängig oder selbstständig". Von einem autonomen, unabhängigen Flugzeug erwartet man also, dass es unabhängig und selbstständig seine Ent-

scheidungen fällt. Und tatsächlich: Einmal unterwegs wird das Flugzeug – ohne dass jemand eingreift – anderem Verkehr ausweichen. Und beim automatischen Rollen am Boden wahrscheinlich selbstständig anhalten, wenn ein Hindernis auf dem Taxiway erkannt wird. Aber das sind – aus Pilotensicht – relativ einfache Entscheidungen. Kein Pilot würde freiwillig eine Kollision in der Luft riskieren oder einfach weiterrollen, wenn ein Tier auf dem Taxiway liegt.

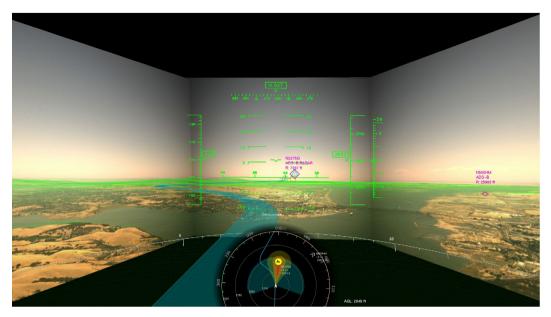
Was ist mit schwierigeren Entscheidungen? Zum Beispiel mit komplexen Wetterbedingungen mit Gewitter und Windscherungen? Wird sich das Flugzeug tatsächlich autonom seinen Weg suchen? Was macht die Maschine auf dem ILS, wenn sie am Minimum nichts "sieht"? "Denkt" sich die Caravan: "Das sah schon mal besser aus, ich mache einen Go-around und fliege zum Alternate"? Wohl eher nicht.

Und was macht eine menschenleere Cessna auf dem Final, wenn der Tower "Go-around" kommandiert? Versteht das Flugzeug Funksprüche? Oder texanischen Slang? Auch hier kommt das Flugzeug ohne äußere Hilfe nicht weiter.

Tatsächlich bezieht sich der Term "autonom" lediglich darauf, ein vorprogrammiertes Profil zuverlässig abzufliegen und dabei anderem Verkehr automatisch auszuweichen. Für alle anderen strategischen Entscheidungen, wie Diversions, taktischen Entscheidungen, wie Startabbruch oder Go-around, und für den Funkverkehr ist ein Operator am Boden erforderlich.

Jeder Flug muss also von einem Ground Operator/Pilot überwacht werden. Also ganz so wie die großen militärischen Drohnen, die zwar selbst unbemannt sind, aber ein stän-

³⁾ de.wiktionary.org



Diese Darstellung für den Xwing-Ground-Controller zeigt zwei vom Detect-and-Avoid-System erkannte Ziele in Magenta: rechts ein unkritisches ADS-B-Signal, in der Mitte ein durch ADS-B und Radar bestätigtes Ziel auf Kollisionskurs. In Blau erkennt man den auf Landschaft und Karte errechneten Ausweichkurs.

Foto: Xwing

dig bemanntes Cockpit am Boden erfordern. Bei Xwing wird der Ground Controller wohl die Systeme an Bord überwachen, den Flugweg der Caravan programmieren und Ansprechpartner im Sprechfunk sein. Ein Fluglotse wird dagegen im Funkverkehr die autonom fliegende Maschine nicht von einem normalen Flugzeug unterscheiden können.

Ist autonomes Fliegen wirklich billiger?

Wenn am Boden für die autonome Caravan ein Controller erforderlich ist, wo bleibt dann die Einsparung beim Personal?

Xwing hat sich zunächst für die Caravan und den Paket-Fracht-Sektor entschieden. Die Fracht-Caravans fliegen oft Feeder-Dienste für FedEx & Co mit für den Piloteneinsatz äußerst ungünstigem Flugplan: Häufig geht es morgens hin und abends zurück, so dass ein Pilot nicht beide Flüge innerhalb seiner Dienstzeit fliegen kann. Unbemannt könnte ein Operator nacheinander sogar mehrere Flugzeuge bedienen und so mehrere Piloten-Paare gleichzeitig ersetzen. Die Zukunftsvision wäre, wenn ein Operator mehrere unbemannte Flüge gleichzeitig überwachen könnte. Davon dürfte Xwing aber noch meilenweit entfernt sein.

Die Kosten für die Umrüstung einer Cessna Caravan auf autonomes Fliegen würden nach Informationen von Xwing jenseits von 500.000 US-Dollar liegen. Ein Analyst meinte, selbst bei einmaligen Systemkosten von 2 Mio. US-Dollar würde sich das für Fracht-Airlines noch lohnen. Dennoch: Mit dem autonomen Fliegen ist es im Fracht-

Sektor alleine nicht getan. Häufig übernehmen die Piloten am Boden sehr vielfältige Tätigkeiten wie die Überwachung der Betankung und der Beladung. Sie kontrollieren vor dem Flug, ob alles ordnungsgemäß verzurrt ist, erstellen die Berechnung für Weight & Balance und machen den Outside Check. Bei kleinen Beanstandungen kommunizieren sie mit der Werft und können so oft den Flug noch retten, der andernfalls wegen "Technik" liegenbleiben würde. Wer wird diese Bodentätigkeiten übernehmen? Umsonst wird das niemand machen und es ist fraglich, ob dazu an jedem Flugplatz Personal geschult werden kann. Außerdem wieder die Zulassungsfrage: Wird die FAA zustimmen, dass z.B. der Outside Check oder die Beurteilung von kleinen Beanstandungen von jemanden durchgeführt wird, der weder Pilot noch lizenzierter Mechaniker ist? Außerdem stellt sich die Frage der technischen Zuverlässigkeit. Der kleinste Fehler im System kann einen unbemannten Flug verhindern und zu finanziellen Verlusten führen. Und das in einem Markt, dessen Gewinnmargen eher dünn sind. Mark S. Blair⁴, ein ehemaliger FedEx-Manager, ist sich daher nicht sicher, ob sich die von Xwing anvisierten Einsparungen auch realisieren lassen. Blair sieht in autonomen Systemen jedoch eine Chance, die Piloten zu unterstützen sowie Crew-Ruhe-Anforderungen abzusenken, die auf Langstrecken heute noch zusätzliche Piloten an Bord erfordern.

Xwing wird Cargo-Operator

Xwing verfolgt einen smarten Business-Plan. Inzwischen wurden mit der N101XW viele autonome Flüge durchgeführt. Um jedoch

4) Forbes Magazin, 20. August 2020

die Systeme gründlicher zu testen, sind erheblich mehr Flüge erforderlich als bisher, was hohe Kosten mit sich bringen würde. Daher plant Xwing, selbst in den Ziel-Markt seiner Innovationen einzusteigen. Man will Cargo-Operator werden. Damit das schneller geht, hat Xwing gleich eine kleine Commuter-Gesellschaft gekauft und sich damit ein AOC⁵ zugelegt. Nun wird die Lizenz auf Frachtflüge erweitert und auf die Cessna 208B Grand Caravan umgeschrieben.

Der Plan ist, mehrere Caravans zu kaufen und mit dem Xwing System auszurüsten. Die Zulassung für den unbemannten Betrieb durch die FAA fehlt jedoch noch. Daher soll der Flugbetrieb zuerst bemannt erfolgen. Das Detect-and-Avoid-System soll als STC zugelassen werden, im Hintergrund mitlaufen und den Piloten unterstützen. Ausweichempfehlungen des Systems kann der Pilot befolgen, muss es aber nicht. Die neuen Autoflight-Funktionen sollen später nach und nach ebenfalls als STC zugelassen werden. Xwing lädt auch andere Firmen zur Kooperation ein, man könnte auch sagen: zum Kauf des Systems.

Zuerst soll das Radar für das Detect-and-Avoid-System zugelassen werden, während die Kameras im Hintergrund mitlaufen und Daten sammeln. Sollte sich zeigen, dass eine Zulassung des Systems nur mit Kameras möglich wäre, würde das erhebliche Kosteneinsparungen bedeuten.⁶

⁵⁾ AOC - Air Operator Certificate

⁶⁾ Das Ziel, den Flugweg von Objekten mit Kameras zu erfassen und in Echtzeit zu berechnen, ist nicht unrealistisch. Das zeigen z.B. auch jüngste Forschungen in Europa: In Tests mit einem ferngesteuerten, flügelschlagenden "Raubvogel" konnte das Kamerasystem einer Windkraftanlage den Flugweg präzise berechnen und eine Notabschaltung der Turbine zum richtigen Zeitpunkt einleiten.

Zu einem späteren Zeitpunkt sollen dann nach Zulassung des Systems die ersten autonomen Flüge erfolgen.

Die Risiken eines autonomen Flugbetriebs

In meinem Artikel "Mode Confusion und designbegünstigte Unfälle" (*Pilot und Flugzeug* 2019-05) habe ich bereits auf die Risiken hingewiesen, die in komplexen automatisierten Systemen liegen können. So hat sich oft erst Jahre nach der Zulassung von Flugzeugen gezeigt, dass die Systeme eine versteckte Funktion enthielten, die weder dokumentiert noch für Sicherheit "günstig" war. So hat z.B. ein bis dahin unbekannter Term in der Angle-of-Attack-Protection des A320, der auf schnelle Anstellwinkeländerungen reagierte, 2001 zum Totalverlust einer Maschine in Bilbao geführt – 14 Jahre nach dem Erstflug eines A320.

Zum Test solcher komplexen Systeme schrieb der Flight-Test-Ingenieur Mackall – ich zitiere aus demselben Artikel in *Pilot und Flugzeug*:

"... qualification of such a complex system as this, to some given level of reliability, is difficult ... [because] the number of test conditions becomes so large that conventional testing methods would require a decade for completion."

Xwing will wohl im laufenden Flugbetrieb Daten sammeln, um die Zulassung zu beschleunigen. Aber ist ein einwandfreies Funktionieren einer Software auf 1.000 Flügen eine Garantie dafür, dass sie auch beim 1001. Flug korrekt arbeitet?

Es gibt Stimmen, die zweifeln, dass ein autonomes System in der zertifizierten Luftfahrt

"auf die Schnelle" zulassungsfähig sein könnte. Und schnell will Xwing mit der Zulassung sein. In "TechCrunch" bemerkte CEO Marc Pierre im August 2020, dass er die Zulassung für unbemannte Frachtflüge bereits für das Frühjahr 2022 anstrebe. Steve Calandrillo, ein Professor an der University of Washington, der sich mit der Regulierung von Drohnen befasst hat, meinte im August gegenüber WIRED:

"Ich bin skeptisch gegenüber dem Willen der FAA, Risiken zu tolerieren, nur für Innovationen. Sie sagen, sie wollen unbemannte Luftfahrzeuge integrieren [in den normalen Luftraum], aber das sagen sie schon seit 10 Jahren …"

Ebenfalls in WIRED wird Cathy Cahill zitiert, sie ist Direktor des Center for Unmanned Aircraft Systems Integration an der University of Alaska. Sie sagte:

"The FAA's rules and regulations have been written in blood. And they do not want to write more in blood. So what they're doing is being very cautious."

Ein wichtiger Knackpunkt für die Zulassung eines autonomen Flugzeugs ist die Redundanz der Datenverbindung zwischen Controller und Flugzeug. Die FAA wird sicher interessieren, wie es um die Redundanz dieser Verbindung bestellt ist. Cathy Cahill bemerkte dazu, dass Drohnen, die in Alaska u.a. Pipelines kontrollieren, über drei unabhängige Data-Link-Verbindungen verfügen: eine Satellitenverbindung und zwei über Funk. Redundanz in diesem Bereich kann nicht einfach z.B. durch den Einbau zweier Iridium-Modems erreicht werden: Ich erinnere mich an einen IFR-Flug mit meiner Arrow im

Sommer dieses Jahres von Slowenien nach Mannheim. Es war ein gewittriger Tag und ausgerechnet auf dem letzten Flug Richtung Mannheim stand eine große Zelle nahe unserer Route. Auf dem ADL 140 war sie deutlich zu sehen. Nur: Auf dem ganzen Flug gelang es mir nicht, ein Update des Radarbildes zu bekommen. Ich versuchte es mit Restarts des ADL und des iPads, alles vergeblich. Zum Glück konnten wir später die Wolke visuell ausmachen und sie hat uns nicht weiter gestört. Einige Zeit nach meinem Flug erhielt ich eine Erstattung der Iridium-Übertragungskosten für diesen Flug. Ausgerechnet während diesem Flug war ein Server bei Iridium abgestürzt. Zum Glück nur ein Server ...

Auch Internet-Attacken können Luftfahrt-Netzwerke lahmlegen. Sicher erinnern Sie sich noch an die Angriffe auf die Garmin-Server in diesem Jahr. All das muss bei der Zulassung eines autonomen Flugzeugs berücksichtigt werden.

Xwing ist nicht allein

In den Bemühungen, autonome Technologien auf den Markt zu bringen, ist Xwing nicht allein. Auch das Startup "Reliable Robotics", ebenfalls in der San Francisco Area beheimatet, arbeitet an einer autonom fliegenden Cargo-Caravan. Gegründet wurde Reliable Robotics unter anderem von CEO Robert Rose, der bei Space X die Software-Entwicklung für die Falcon-9-Rakete und die Dragon-Kapsel leitete. Außerdem bringt er Erfahrung vom Autopiloten bei Tesla mit. Ein anderer Mitbegründer, Vizepräsident für Engineering Juerg Frefel, hat ebenfalls an den Computersystemen der Falcon 9 und der Dragon gearbeitet.

Auch in Europa wird am autonomen Fliegen geforscht. Vor allem Airbus – immer wieder gerne angefeuert von der Lufthansa – arbeitet seit Jahren an fünf Projekten⁷, die sich

7) www.airbus.com/innovation/autonomous-and-connected/auto- nomous-flight.html



Sämtliche Triebwerksbedienhebel werden vom Computer bedient.

Xwing Video

mit autonomen Flügen beschäftigen. Drei davon sollen Piloten zumindest teilweise überflüssig machen:

- Das Projekt "Connect" soll etwas verklauselt formuliert – die Anzahl der Piloten im Reiseflug reduzieren.
- Das Projekt "Disruptive Cockpit (DISCO)" soll erreichen, dass das nächste von Grund auf neue Verkehrsflugzeug von Airbus nur noch von einem Piloten geflogen werden soll.
- Und das Projekt "Wayfinder" soll schließlich autonome Flüge ermöglichen – auch für große Verkehrsflugzeuge.

Interview mit Maxime Gariel – CTO Xwing

Kurz vor Abschluss der Arbeiten an diesem Artikel habe ich einige technische Fragen per E-Mail an Xwing gestellt. Statt einer Antwort wurde mir gleich ein Interview mit Maxime Gariel angeboten, dem Chief Technology Officer (CTO) von Xwing. Das Interview fand am 17. Oktober per Videokonferenz über Zoom statt.

Maxime Gariel betonte in seinem Interview, dass es für das Projekt von Xwing wichtig sei, Kompetenzen in drei Disziplinen zu haben: als Pilot, in der Zusammenarbeit mit der Flugsicherung und im Sektor Auto-Flight-Systeme. Maxime hat Kompetenz in allen dreien.

Maxime Gariel fliegt selbst und ist hochqualifizierter Experte in Sachen Auto-Flight und Air Traffic Control. Studiert hat er in Frankreich. Seinen Master und den Ph. D. in Aerospace Engineering hat er an der Georgia Tech gemacht. Schon in seiner Doktorarbeit



Maxime Gariel, CTO von Xwing

Xwina Video

ging es um Air-Traffic-Control-Themen. Beim MIT beschäftigte er sich mit ADS-B basierter Konflikterkennung, bei Thales arbeitete er an Autoland-Systemen für Verkehrsflugzeuge. Zuletzt, bevor er zu Xwing wechselte, arbeitete er bei Rockwell Collins als Principal GNC⁸ Engineer. Bei Rockwell Collins arbeitete er sowohl an unbemannten Flugzeugen als auch an unbemannten Hubschraubern. Er war auch Chief Engineer für das Flight-Control-System des AgustaWestland SW4 Solo autonomous Helicopter⁹. Das Interview mit Maxime Gariel führte Peter Klant.

Ich habe einige Fragen: Haben Sie schon autonome Taxi-Tests durchgeführt?

Während wir hier sprechen, arbeiten wir genau daran. Wir machen noch einige Arbeiten an den Bremssystemen. Demnächst werden diese Tests durchgeführt.

Was ist mit den LIDAR Sensoren? Benutzen Sie die nur am Boden?

Wegen der begrenzten Reichweite nutzen wir LIDAR nur zum Rollen am Boden. Die Daten sind sehr hilfreich, um andere Flugzeuge auf dem Taxiway zu vermeiden, oder

⁸⁾ GNC - Guidance - Navigation - Control

⁹⁾ https://www.leonardocompany.com/en/press-release-detail/-/de- tail/solo-unmanned-sw4

Tiere. In der Luft sind die Daten nicht nutzbar.

Wie ist es mit autonomen Starts?

Die haben wir bereits gemacht. Alles, vom Beginn des Take-offs über die Navigation unterwegs, inklusive Detection & Avoidance, bis zum Ende des Rollouts nach der Landung.

Wie läuft die Führung bei der Landung? Ist das GPS-basiert oder benutzen Sie auch die Kameras?

Im Moment ist das GPS basiert. Wir arbeiten daran, die Kameras zu nutzen, um die Integrität und die Genauigkeit des GPS zu erhöhen.

Ist es richtig, dass Sie zu einem späteren Zeitpunkt zum Ausweichen vor anderen Flugzeugen die Kameras dem Radar gegenüber bevorzugen würden?

Nun ja, wir untersuchen das noch, ob die Kameras gut für diesen Zweck sind. Wir müssen sehen, wie weit die gucken können, wie zuverlässig die sind. Sie haben einige Nachteile, bei Nacht sehen sie nicht gut, durch Wolken auch nicht. Da haben die Radargeräte eine Menge Vorteile. Aber sie sind sehr teuer. Wir werden sehen, ob wir später Kameras nutzen können statt des Radars. Ich will nicht sagen, dass wir das tun werden, aber das ist etwas, das wir erforschen.

Lassen Sie mich Ihnen eine kurzen Überblick geben über unseren Hintergrund, unser Unternehmen und wie wir die Dinge angehen. [...] Wir gehen hier ganz pragmatisch an die Sache heran. Wir versuchen nicht zu ändern, wie die Flugsicherung gehandhabt wird, wir wollen auch für die anderen Piloten nichts ändern. Wir wollen uns selbst in dieses bestehende System integrieren.

Wir arbeiten sehr eng mit der FAA zusammen. Wir wissen genau, wie schwierig es ist, Systeme zu zertifizieren. Wenn es also um diese Kameras geht: Wir arbeiten dran, es braucht mehr Zeit. Wir verfolgen diesen pragmatischen Ansatz, erst die einfachen Dinge zu zertifizieren und dann zu zeigen, dass die komplexeren Sachen auch funktionieren. Wir werden sowas zertifizieren, wenn es soweit ist, und es dann verwenden.

Verstehe ich das richtig? Sie wollen den Piloten raus haben, aber dann benötigen Sie einen Ground Controller für das Flugzeug? Richtig?

Im ersten Schritt werden wir einen Ground Operator oder Dispatcher haben. Der wird das Flugzeug überwachen, mit der Flugsicherung sprechen und Freigaben übermitteln, wenn erforderlich. Irgendwann werden wir einen Operator für mehrere Flugzeuge [gleichzeitig] haben.

Der Operator wird z.B. auch die Freigaben der Flugsicherung zurücklesen und Anflugfreigaben erfragen?

Wir arbeiten noch daran, ob wir anfangs wirklich IFR-Flugbetrieb brauchen oder ob wir mit VFR durchkommen. Das würde den Flugbetrieb für uns vereinfachen.

Sie bevorzugen also zu Anfang VFR-Flugbetrieb? Richtig?

Ja ... Damit limitieren wir die Interaktionen mit der Flugsicherung.

Aber Sie können keine Sichtplatzrunden mit der Maschine fliegen, oder?

Da arbeiten wir dran. Wir sind schon etliche Platzrunden geflogen. Es geht darum, zu sehen, wo die anderen sind, und sich dann entsprechend einzuordnen, so dass man dem Vordermann nicht auffährt. Der Knackpunkt ist, sich [autonom] in den Ver-



Xwing-Cockpit bei einer autonomen Landung. Obwohl zwei Testpiloten vorne sitzen, fasst niemand die Steuerung an, niemand hat die Hand am Schubhebel – außer dem Computer. Xwing Video

kehr einzureihen. Wir brauchen den Zugang zu unkontrollierten Flugplätzen. Wir haben etwa 5.000 Flugplätze in den USA. Nur etwa 50 davon haben eine Menge kommerziellen Verkehr. Und daran sind wir nicht interessiert. Wir fliegen zu Plätzen, wo nicht viel los ist. Es gibt keinen Tower und es sind nur wenige Maschinen in der Platzrunde. Wir müssen also in der Lage sein, anzufliegen und die Verkehrslage zu erkennen. Dann integrieren wir uns, reden mit denen, sagen, dass wir sie sehen und ihnen aus dem Weg gehen. Dann melden wir uns z.B. auf einen 45° Einflug in die Platzrunde ...

Die Kameras ... Sind das Infrarot- oder visuelle Kameras?

Wir haben beide. Wir erproben noch, was besser ist. Hautsächlich arbeiten wir mit visuellen Kameras. Die Auflösung der Infrarot-Kameras entspricht nicht militärischen Standards. Wir versuchen, ausschließlich nicht-militärische Ausrüstung zu verwenden.

Klar, das ist sicher einfacher zuzulassen und ist wahrscheinlich auch billiger ...

Es ist viel billiger. Und es ist einfacher zu beschaffen. Auch wenn man die Ausrüstung in andere Länder exportieren möchte, ist es einfacher.

Wird das Flugzeug in der Lage sein, z.B. Turbulenz zu erkennen oder Windscherungen?

Wir wollen die Dinge einfach halten. Also haben wir entschieden: Lass uns mit Fracht anfangen. Turbulenz ist dann weniger ein Thema. Wir können durch Turbulenz fliegen, die unkomfortabel für Passagiere wäre, aber immer noch sicher ist.

Wie ist es mit Ausweichen vor Wetter, vor Gewittern?

Das wird noch sehr wichtig sein. Wir werden zu Anfang unseren Flugbetrieb nur bei gutem

Wetter durchführen. Wissen Sie, wenn Sie morgens in die Wüste fliegen, gibt's keine Wolken.

Wem sagen Sie das ... Ich habe in Phoenix, Arizona fliegen gelernt ...

Wir werden unseren Flugbetrieb beschränken, um mit diesen Dingen klarzukommen. Zu einem späteren Zeitpunkt, wenn wir zeigen können, dass wir besser sind, werden wir das Wetterradar in das Detect-and-Avoid-System integrieren.

Sie wollen eine eigene Cargo-Airline betreiben? Richtig?

Das ist richtig.

Machen Sie das, um Einnahmen zu generieren oder um die Ausrüstung besser testen zu können?

Beides. Aber der wichtigste Teil ist, das System in eine operationelle Umgebung zu bringen und unter realen Bedingungen zu testen. So können wir dann ein Produkt anbieten, das Sinn macht, geeignet ist, Geld spart und das [versprochene] Ziel erreicht. Wenn wir das nicht machen würden, würden die Leute das kaufen und es – soweit sie es können – benutzen. Aber sie hätten nicht das letzte und beste Produkt. Wir wollen den Feedback Loop der Verbesserungen selber schließen.

Wenn Sie also diese Airline betreiben, können die anderen sehen: Es funktioniert?

Sie können sehen, dass es funktioniert. Und wenn es nicht funktioniert, können wir Hardware austauschen oder die Software. Wir können viel schneller reagieren.

Lassen Sie uns über die Software reden. Wurde das alles bei Ihnen programmiert oder verwenden Sie auch Software aus anderen Quellen?

(...) Der Flight Control Teil, die Autopiloten, das werden wir nach dem höchsten Level zertifizieren müssen. Es gibt verschiedene Level der Software-Zertifizierung. Wenn es sich um ein kritisches Programm handelt,



Eines der beiden Sensorpakete am Wing-Strut mit drei Kameras, der weißen Radarantenne und dem LIDAR, das runde Gerät unten Xwing Video

wenn es um den Transport von Menschen geht, brauchen Sie den höchsten Level der Zertifizierung. Das ist etwas, das einige Unternehmen bereits sehr erfolgreich gemacht haben. Was wir hier machen, ist eine Zusammenarbeit mit einigen dieser Unternehmen. Wir sagen denen genau, was wir brauchen, und die produzieren dann die Software und zertifizieren sie. Es ist eine Partnerschaft. Wir wollen nicht das Rad neu erfinden und arbeiten mit Leuten zusammen, die auf diesem Gebiet erfolgreich sind. Was wir machen ist, neue Komponenten hinzuzufügen. Was die Autopiloten angeht, verwenden wir also existierende Dinge.

Der Autonomie-Teil jedoch, der die Entscheidungen im Flugzeug fällt, das ist der Teil, wo wir jede Menge Innovationen selbst einbringen.

Glauben Sie, dass es irgendwann für diese Flugzeuge okay ist, IFR zu fliegen, also in schlechtem Wetter?

Natürlich! Das Ziel ist, jederzeit überall hin zu fliegen. Der VFR-Betrieb ist nur der erste Start, um schnell auf den Markt zu kommen, sicherzustellen, dass es funktioniert. Dann werden wir von da aus das Programm ausweiten. Der Markt wird an Orten sein, wo niemand fliegen will. Diese Cargo-Flüge können sehr früh am Morgen starten oder spät in der Nacht – egal, wie das Wetter ist. Daher muss das Flugzeug "bulletproof" sein.

Wie ist der Blickwinkel des Detection-Systems?

Der Winkel ist insgesamt 220° breit, also 180° plus 20° nach hinten auf jeder Seite. Dieser Wert ist vorgegeben.

Haben Sie Kameras, die nach hinten gucken?

Wir decken 220° ab. Mit den Kameras und den Radargeräten. Zurzeit haben wir keine Kameras, die nach hinten schauen, dafür haben wir das LIDAR. Wir planen aber auch nicht, rückwärts zu fliegen.

Klar, selbstverständlich nicht ... Und natürlich nutzen Sie die ADS-B-Daten?

Ja, wir verwenden auch die ADS-B-Daten. Aber wir haben immer noch Leute, die ohne ADS-B herumfliegen.

Was ist mit Segelflugzeugen?

Segelflugzeuge haben es nicht [ADS-B].

Also müssen Sie alle die auf dem Radar und mit den Kameras sehen?

Ja. Wir werden in Zukunft auch andere Sensoren integrieren, wie z.B. Mode-S-Transponder. Das Ziel ist, ein System zu entwickeln, das mit verschiedenen Sensoren arbeiten kann.

Der Ground Operator wird nicht die Möglichkeit haben, das Flugzeug manuell zu fliegen? Er wird es nur programmieren? Oder z.B. einen Go-around kommandieren?

Exakt. Der Ground Operator wird genau verstehen müssen, wie die Systeme funktionieren. Aber er wird keine Fähigkeiten zum Fliegen benötigen. Da geht es um die Latenzzeit. Mit ein, zwei Sekunden Latenzzeit [der Datenübertragung] wird es nicht möglich sein, das Flugzeug vom Boden aus zu fliegen.

Wie planen Sie die Datenübertragung? Über Satellit, oder?

Wir schauen uns noch verschiedene Optionen an. Es gibt Standards für Radio-Links für Command & Control. Wir schauen uns Bodenfunk-Verbindungen an und Satelliten. Wahrscheinlich beides. Unter Umständen haben Sie eine Bodenfunk-Station nahe am Zielflugplatz und eine Satellitenverbindung unterwegs.

Es mag eine gute Idee sein, auch da etwas Redundanz zu haben ...

Natürlich.

Werden die Videodaten dem Ground Operator angezeigt oder übertragen Sie nur die Flugdaten?

Die meiste Zeit werden es nur die Flugdaten sein. Einige der Dinge, die wir uns überlegen, sind z.B. Videoübertragung zum Rollen und für Start und Landung, also Flugphasen, für die der Operator einige Entscheidungen treffen muss. Zu Anfang wird der Operator [dem Flugzeug] helfen, einige der Entscheidungen zu treffen. Zum Beispiel, wenn man im Anflug ist. Das GPS ist nicht immer gut ...

Ich weiß ...

Manchmal hat man einen Fehler von ein paar Metern. Das ist genug, um im Gras zu landen. Der Operator wird vom Flugzeug ein Video erhalten: "Hier werde ich langfliegen und landen" und er wird dann entscheiden müssen, das Flugzeug weiter fliegen zu lassen oder einen Go-around zu kommandieren. Der Operator wird also alle Informationen haben, dem Flugzeug bei Entscheidungen zu helfen und die Entscheidungen des Flugzeugs zu validieren.

Das Foto auf Ihrer Webseite, das den Bildschirm des Ground Operators zeigt ... Das ist noch nicht die Darstellung, die Sie später für den Operator erwarten?

Das ist die Ansicht des Detect-and-Avoid-Systems, also der Blick, den das "Gehirn" des Flugzeugs hat. Wird Video übertragen, wird der Operator das sehen, wenn kein Video übertragen wird, sieht der Operator das Terrain, also ein 3-D-Bild, nur ohne Video.

Wie in Google Earth?





Xwings autonome Cessna Caravan bei einem Testflug

Xwing Video

Ja, so ähnlich. Es wird eine synthetische Terraindarstellung sein, mit Bilddaten als Overlay.

Glauben Sie wirklich, dass es gelingt, einige der Komponenten innerhalb der nächsten zwei Jahre zu zertifizieren, wie in der Presse zu lesen war?

Ich denke, wir werden die Gelegenheit haben, einzelne Elemente in einer genau kontrollierten Umgebung zu testen. Wir arbeiten eng mit der FAA zusammen. Allerdings nennen die niemals einen genauen Zeitplan ... Aber sie sind sehr hilfreich. Ich kann nur Gutes über die Zusammenarbeit mit der FAA sagen. Wir müssen uns wirklich anstrengen. Wir wollen sicherstellen, dass es funktioniert.

Wenn Sie den Flugbetrieb mit den Cargo-Caravans beginnen – ich weiß nicht, mit wie vielen Flugzeugen Sie planen – wird die FAA dann erlauben, dass die experimentelle Ausrüstung auf diesen Flügen getestet wird? Wir werden es so machen: Wir werden STCs erlangen, zuerst für das Detect-and-Avoid-System. Dann wird eine normale Caravan die zertifizierten Sensoren bekommen, die flugsicherheitserhöhenden Informationen an die Piloten liefern. Wir werden die Daten sammeln, sehen wie das System funktioniert und es dann weiter zertifizieren. Als Nächstes sind die Autopiloten dran. Wir werden den typischen STC-Prozess durchlaufen und dann koppeln wir die Autopiloten mit dem Detect-and-Avoid-System. Es wird also eine ganze Seguenz von einzelnen Supplemental Type Certificates geben, bis wir den Piloten raus nehmen können.

Maxime, vielen Dank, dass Sie sich die Zeit für dieses Gespräch genommen haben. Ich wünsche Ihnen und Ihrem Unternehmen viel Erfolg.

Vielen Dank.

Fazit

Xwing entwickelt etwas völlig Neues. Ein unbemanntes Frachtflugzeug, das mit einem Detect-and-Avoid-System ausgerüstet nicht nur autonom von A nach B fliegt, sondern auch Flugzeugen – selbst wenn sie keinen Transponder haben – zuverlässig ausweichen kann.

Wir haben schon heute Software in unseren Flugzeugen, die selbst entscheidet und vom Piloten nicht übersteuert werden kann. Zum Beispiel die Angle-of-Attack Protection in allen Fly-by-Wire-Flugzeugen von Airbus. Dieses System hat das Fliegen sehr viel sicherer gemacht. Auch andere teilautonome Autopilot-Modes finden sich in unseren Cockpits wieder. Zum Beispiel die Auto-Emergency-Descent-Funktion im Autopiloten des A350. Oder die Auto-TCAS-Funktion im Autopiloten des A380. Die Reaktion auf eine TCAS Resolution Advisory wird beim A380 per Procedure zwingend dem Auto-TCAS überlassen. Ein solches System hätte zum Beispiel die Kollision über Überlingen mit 71 Toten zuverlässig verhindert.

Autonome Systeme gibt es bereits zugelassen im Straßenverkehr. Auf YouTube findet man dutzende Videos, die automatische Ausweichmanöver des Tesla-Autopiloten im Alltag zeigen. Diese Systeme sind in kritischen Situationen dem Fahrer oft überlegen. Genau so ist das Detect-and-Avoid-System von Xwing besser als manche menschlichen Piloten, wenn es darum geht, anderen Verkehr zuverlässig zu erkennen. Heute wird noch diskutiert, wie lange es wohl dauern wird, bis Xwing das Detect-and-Avoid-System zertifiziert hat. In ein paar Jahren wird man sich dagegen fragen müssen, ob ein

neues großes Verkehrsflugzeug überhaupt noch ohne ein solches System zugelassen werden kann.

Was wir hier bei Xwing sehen, ist eine nicht mehr aufzuhaltende Entwicklung. Autonomes Fliegen wird uns in Zukunft noch öfter begegnen. So wie elektrische Antriebe, Brennstoffzellen und Wasserstoff in Verkehrsflugzeugen.

Xwing ist kein Unternehmen, das sich in unrealistischen Träumen verirrt. Die Technologie ist da, die Sensoren, die Software, die Möglichkeiten – und nicht zuletzt hat Xwing Personal mit enormer Erfahrung auf den Gebieten Software, ATC und Automated Flight Controls. Offenbar ist das erste unbemannte Flugzeug im öffentlichen Luftraum auf dem besten Wege zum Start in die kommerzielle Luftfahrt.

Wir werden dieses spannende Projekt weiter verfolgen.

Xwing im Internet:

Es gibt im Internet viele Artikel zu Xwing. Geben Sie aber bloß nicht "Xwing" allein bei Google ein, sonst erhalten Sie mehr als 19 Millionen Treffer, hauptsächlich zu den X-Wing Raumschiffen von Star Wars. Und die – so stellte man sich damals eine technologisch viel höher entwickelte Welt vor – waren bemannt.

Wenn Sie also mehr über das Unternehmen Xwing und seine unbemannte Cessna Caravan lesen wollen, sollten Sie bei Google "Xwing autonomous" eingeben.

PeterKlant@Lindbergh-aviation.de