

ZUVERLÄSSIGE LÖSUNG FÜR KOMPLEXE SYSTEME

Rund 60.000 Bauteile und Millionen möglicher Konflikte: Ein Flugzeugtriebwerk ist ein sehr komplexes System und stellt dessen Hersteller bei der geometrischen Absicherung immer wieder vor Herausforderungen. Mit dem Quality-Monitor hat Invenio Virtual Technologies seine richtungsweisende Lösung in einer weiteren Branche etabliert. » VON SIEGFRIED MAIER

Die Entwicklung eines Flugzeugtriebwerks dauert in der Regel zwischen drei und fünf Jahren: Am Anfang steht dabei ein Kerntriebwerk, welches sowohl für die jeweilige Triebwerksfamilie als auch für kundenspezifische Varianten als Basis dient. Triebwerkskunden sind die Flugzeughersteller, die sehr hohe und individuelle Anforderungen an die Triebwerke haben, zum Beispiel im Hinblick auf Leistung und Reichweite, aber auch bei Verrohrung oder Verkabelung. Oft müssen individuelle Anbauteile wie der Generator, der die Stromversorgung des Fliegers sicherstellt, ins Triebwerk integriert werden. Nicht selten führen diese Rahmenbedingungen dazu, dass Hersteller tiefgreifende Änderungen sogar am Kerntriebwerk vornehmen müssen. Die komplexe Technik des Triebwerks spielt sich im Inneren ab. Von außen ist lediglich die sogenannte Gondel zu sehen, die ebenfalls für jeden Kunden individuell entwickelt wird.

Wie ein Triebwerk entsteht und was es auszeichnet

Am Anfang des Entwicklungsprozesses bei Triebwerken steht die Konzeptphase, in der die sogenannten Ecktypen entstehen. Darunter versteht man repräsentative Prototypen, die stellvertretend für eine ganze Produktfamilie intensiv getestet werden. Bereits zu diesem Zeitpunkt sind 3D-Daten ein zentrales Element: Denn je weiter die Entwicklung voranschreitet, desto mehr Ecktypen sind notwendig. Schnell steigt die Anzahl auf zehn oder mehr an, mit jeweils bis zu 60.000 Bauteilen. Einen Überblick über die verschiedenen Datensätze zu behalten und schnell reagieren zu können, ist entscheidend für den weiteren Prozess. Ändern sich Geometrien oder gibt es Anfragen zur geometrischen Stimmigkeit, bleiben oft nur ein bis zwei Tage, um die erforderlichen Ergebnisse zu liefern.

Dabei haben Triebwerke ihre individuellen Besonderheiten: Die Bauteildichte ist sehr hoch, besonders im Inneren. Dies kann zu zahlreichen potenziellen Engstellen und Kollisionen in der Geometrieprüfung führen. Speziell Laien fällt es bei einem Blick in die geöffnete Gondel schwer, einzelne Bauteile zu erkennen und voneinander zu unterscheiden.

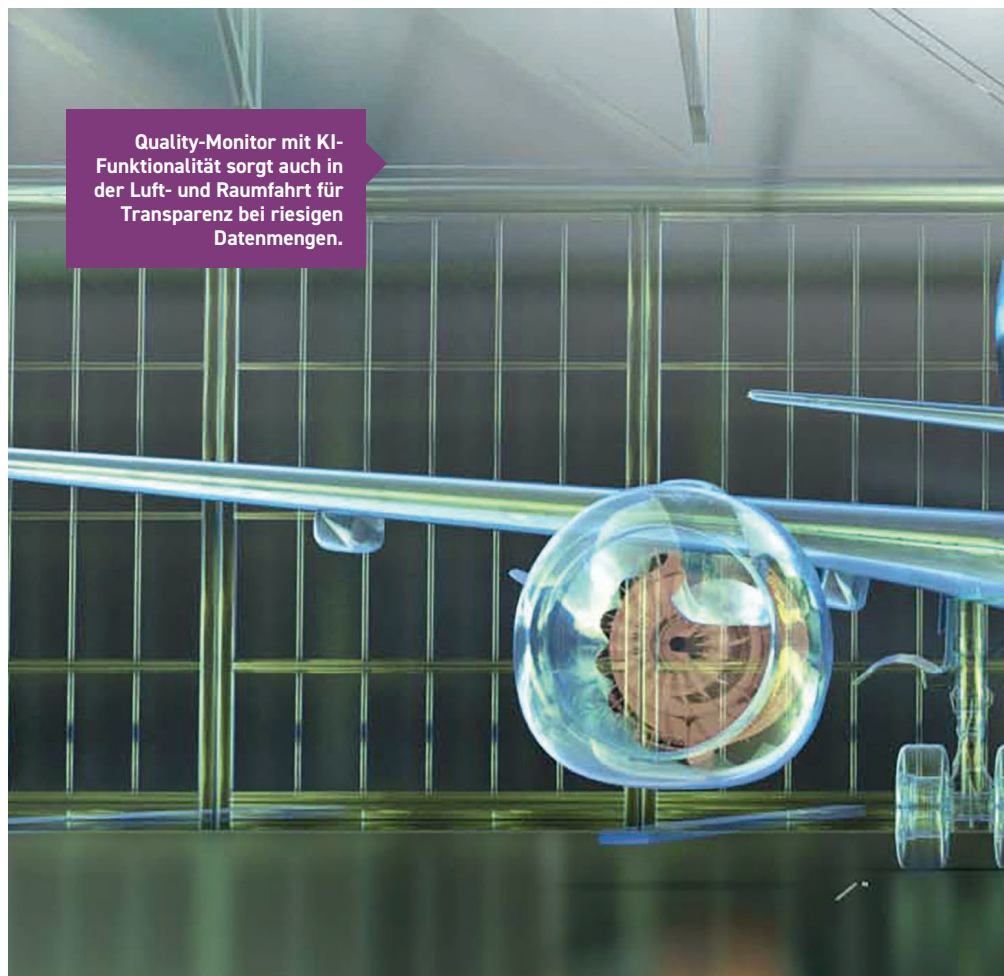
» **DIE HOHE BAUTEILDICHTE BEI TRIEBWERKEN KANN ZU ZAHLREICHEN POTENZIELLEN ENGSTELLEN UND KOLLISIONEN IN DER GEOMETRIEPRÜFUNG FÜHREN.** «

Um den Überblick zu behalten, ist die weit verbreitete Sichtprüfung bei der Triebwerksentwicklung absolut nicht geeignet. Die Hersteller sind vielmehr auf zuverlässige Software-Lösungen angewiesen, wie den Quality-Monitor von Invenio Virtual Technologies (Invenio VT).

Geometrieprüfung: Wenn Tools an ihre Grenzen stoßen

Die Experten und Expertinnen beim Invenio-VT-Kunden verfügen über langjährige Erfahrung in der Geometrieprüfung und haben bereits vor dem Quality-Monitor einen Prüfprozess aufgesetzt, der alle Kollisionen zwischen Bauteilen identifiziert. Trotz aller Optimierungen stieß das Tool immer wie-

Quality-Monitor mit KI-Funktionalität sorgt auch in der Luft- und Raumfahrt für Transparenz bei riesigen Datenmengen.



der an Grenzen und konnte letztendlich die ständig steigenden Anforderungen der Entwicklung nicht mehr bedienen. Die Berechnungszeit stieg auf über 24 Stunden, und der Prozess war nicht stabil. Außerdem führten Abbrüche dazu, dass alle bisher berechneten Ergebnisse verloren gingen. Das heißt, es ließ sich nicht sicherstellen, dass die aktuellen Ergebnisse immer dann verfügbar waren, wenn die Anwender darauf zugreifen. Ein weiterer Knackpunkt war die fehlende Wiedererkennung von bereits bekannten Problemstellen: Wurde beispielsweise ein Bauteil leicht modifiziert, ohne dass sich dadurch die bekannte Kollision verändert hat, mussten Anwender die Stelle trotzdem neu bewerten. Aus diesem Grund lagen im Tagesgeschäft zu viele Ergebnisse vor, und der manuelle Prüfaufwand war zu hoch. Der Hersteller sah auf Basis der eingesetzten Technologie keine Möglichkeit, die Ergebnismenge intelligent zu reduzieren und die Datenmenge zu beherrschen.

Startschuss für Quality-Monitor als neue Lösung

„Wir wussten, dass wir mit Quality-Monitor das führende Werkzeug in der Geometrieprüfung haben. Trotzdem hatten wir großen Respekt vor dem ersten Einsatz in der Triebwerksentwicklung. Wir haben uns unter anderem gefragt: Wie würde sich die Perfor-

mance der Algorithmen mit den speziellen Triebwerksgeometrien und der dichten Packung verhalten? Wie gut kann die künstliche Intelligenz (KI) mit den gefundenen Problemstellen umgehen?“, erläutert Hermann Gaigl, Geschäftsführer von Invenio Virtual Technologies.

» FÜR DEN VOLLSTÄNDIG AUTOMATISIERTEN PROZESS VOM IMPORT DER DATEN BIS ZUR INFORMATION DER ANWENDER BENÖTIGTE DIE VT-LÖSUNG KNAPP ACHT STUNDEN. «

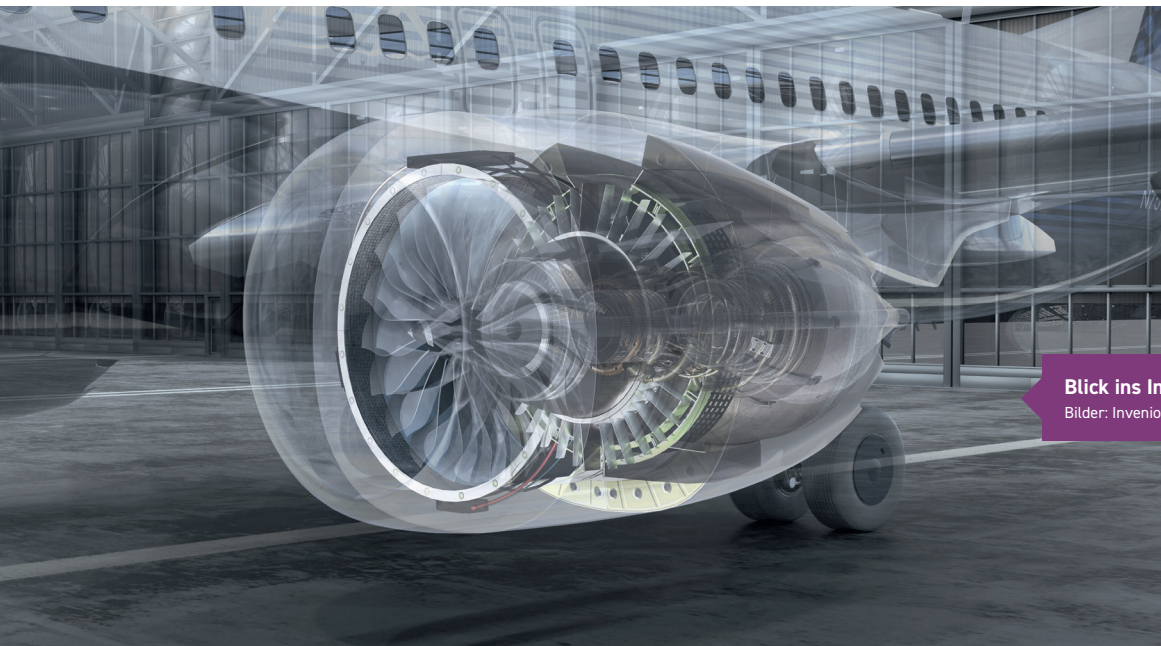
Der erste Testlauf mit Produktivdaten verlief sehr vielversprechend: Quality-Monitor importierte die bereitgestellten Struktur- und Geometrieinformationen für rund 60.000 Bauteile und wertete die Nachbarschaftsbeziehungen gemäß einem Regelwerk aus, in dem geregelt ist, wie nahe sich die Bauteile kommen dürfen. Insgesamt erkannte die VT-Software mehr als 875.000 dieser Beziehungen, die potenziell eine Kollision verursachen oder einen vorgegebenen Abstandswert unterschreiten könnten. Im anschließenden Berechnungsprozess, der auf diesen 875.000 Paarungen beruht, berechnete Quality-Monitor zirka 250.000 konkrete Regelverletzungen.

Für den vollständig automatisierten Prozess vom Import der Daten bis zur Information der Anwender benötigte die VT-Lösung knapp acht Stunden. Der Einsatz des Quality-Monitors in der Triebwerksentwicklung konnte somit vom Start weg überzeugen. Aufgrund des positiven Ersteindrucks erhöhte der Kunde die Datenmenge auf sechs Ecktypen, von denen alle zwei Tage die neuesten Daten vorliegen sollen. Die Experten betrachteten den Quality-Monitor dabei sowohl aus System- als auch aus Anwendersicht. Sie dokumentierten alle Prozessschritte und werteten diese aus: Welcher Schritt benötigt welche Zeit? Wie lässt sich dies optimieren? Für die Anwender lag der Fokus darauf, wie sehr sich der Aufwand im laufenden Projekt reduziert und welche Unterstützungsleistung die KI liefert.

Intelligente Berechnungen reduzieren Anzahl kritischer Stellen

Die Intelligenz des Berechnungsprozesses wurde mit jedem Daten-Update sichtbar: Während bei der initialen Berechnung rund 250.000 potenzielle Probleme identifiziert wurden, waren es in den Folgeberechnungen nur noch einige hundert. Die VT-Algorithmen erkennen, welche Bauteile sich seit dem letzten Mal verändert haben – und berechnen nur neue oder geänderte Bauteilpaarungen. Lediglich bei größeren Änderungen





Blick ins Innere einer Turbine.

Bilder: Invenio Virtual Technologies

im Datenstand entstehen Spitzen von bis zu 7.000 berechneten Bauteilpaarungen.

Die Experten auf Kundenseite nahmen auch die Nachbarschaftssuche genauer unter die Lupe, beziehungsweise wollten wissen, warum 875.000 Bauteilbeziehungen als relevant erachtet werden. In enger Abstimmung mit den VT-Entwicklern stellte sich heraus, dass das individuelle Regelwerk, also die Jobdefinition, direkten Einfluss auf die Nachbarschaftssuche hat. Die anfangs sehr pauschalen Regeln wurden optimiert, und es wurde unter anderem neu definiert, welche Bauteile welche Abstände zur Umgebung einhalten müssen. Diese Logik entspricht den bereits erwähnten geometrischen Besonderheiten des Triebwerks, dessen Komplexität nach innen hin auf immer enger werdendem Raum weiter zunimmt. So konnte der Kunde die Anzahl der potenziell kritischen Nachbarschaftsbeziehungen mehr als halbieren: von 875.000 auf 340.000 Paarungen. Die notwendige Prozesszeit verringerte sich dadurch um rund 40 Prozent.

Automatische Voll- und Teilvererbung entlasten signifikant

Neben den beschriebenen Prozessoptimierungen ist der Erfolg von Quality-Monitor maßgeblich davon abhängig, welche Erleichterungen im Tagesgeschäft ankommen. Den Workload bestimmt hauptsächlich die „Vererbung“ und die „künstliche Intelligenz“. Bei der ersten Berechnung legt Quality-Monitor alle potenziell kritischen Probleme (Kollisionen, Kontakte und Abstandsverletzungen) zur Bewertung vor. Wenn die Anwender diese Hürde gemeistert haben, greift ihnen bereits beim zweiten Durchlauf die Vererbung unter die Arme: Der intelligente Vererbungs-

algorithmus erkennt, welche Problemstellen bereits bewertet wurden und legt nur neue oder geänderte Konflikte vor. Ändert sich die Problemstelle nicht, wird vollvererbt, das heißt, die Bewertung und die komplette Historie werden automatisch übernommen. Handelt es sich um eine bekannte Bauteilpaarung, bei der zum Beispiel die Kollision größer oder kleiner geworden ist, wird teilvererbt; der User wird darüber informiert, dass sich die bekannte Problemstelle verändert hat

» QUALITY-MONITOR HAT SICH AUCH IN DER TRIEBWERKS-ENTWICKLUNG ALS ZUVERLÄSSIGE LÖSUNG FÜR DIE GEOMETRISCHE ABSICHERUNG ERWIESEN. «

und er beurteilen soll, ob die Änderung eine Auswirkung auf seine letzte Bewertung hat. Diese Vererbungslogik erweist sich in der Praxis als größtes Plus für die Anwender: Sogar bei größeren Datenänderungen werden mindestens 50 Prozent der berechneten Ergebnisse automatisch vollvererbt, und die Anwender müssen nichts unternehmen. Außerdem kann man im Quality-Monitor jederzeit sehen, ob ein Konflikt neu oder teilvererbt worden ist. In Summe führt das zu einer deutlichen Reduzierung der Arbeitslast und zu maximaler Transparenz.

Bilder sagen mehr als tausend Worte

Sobald in Quality-Monitor potenzielle Problemstellen berechnet werden, setzt die Invenio-VT-KI ein: Sie analysiert den Konflikt und bereitet alle Informationen auf, die Anwender benötigen, um eine finale Ent-

scheidung treffen zu können. Entscheidend sind die intelligenten Bilder, mit denen die Experten das Problem in Sekundenschnelle erfassen und bewerten können. Die KI liefert dazu einen Bewertungsvorschlag, beispielsweise stuft sie eine Kollision zu 95 Prozent als unkritisch ein. Anwender können die künstliche Intelligenz auch nach ähnlichen Konflikten befragen. Auf Knopfdruck erscheint eine Liste mit allen vergleichbaren Problemstellen. Besonders hilfreich ist diese Funktion bei generischen Paarungen wie Schrauben/Muttern, bei Flanschbolzen, bei Schaufeln im Kerntriebwerk oder bei umlaufenden Dichtungen. Sogar zwischen unterschiedlichen Triebwerksfamilien erweist sich Quality-Monitor als perfekte Lösung, um weitere Synergien zu heben. Die Software kann das „Gelernte“ bei anderen Familien erfolgreich anwenden. Um dies zu testen, hat der VT-Kunde eine neue, für Quality-Monitor unbekannte Produktstruktur importiert, den Berechnungsprozess gestartet und die Ergebnisse ausgewertet. Zirka 30 Prozent aller potenziellen Problemstellen der neuen Triebwerksfamilie wurden so erkannt und automatisch bewertet.

Damit hat sich Quality-Monitor auch in der Triebwerksentwicklung als zuverlässige Lösung für die geometrische Absicherung erwiesen, die zudem vollständige Transparenz in den bereitgestellten 3D-Daten bietet. Hersteller können dadurch geometrische Konflikte frühzeitig erkennen. Das beschleunigt den Entwicklungsprozess und eliminiert zuverlässig gegebenenfalls kostspielige Fehler.

« RT

Siegfried Maier ist Referent Public Relations and Communication bei Invenio Virtual Technologies.