

Strömungsanalyse und strukturmechanische Composite-Simulationen für den Segelflug

# Wie ein Adler durch die Lüfte gleiten

Mit dem neuen Modell AS 33 bricht das Unternehmen Alexander Schleicher Segelflugzeugbau die jahrzehntelange Tradition einen Konstrukteur im Flugzeugnamen zu benennen.

Mit ein Grund dafür ist, dass die Neuentwicklungen nur durch intensive Teamarbeit zu realisieren sind. Gleichzeitig wurde das interne Know-how in der Entwicklungsabteilung deutlich erhöht, beispielsweise durch den Einsatz moderner Simulationssoftware von CADFEM.

Die Motivation und Faszination der Mitarbeiter sowie die Identifizierung mit ihrem gemeinsam entwickelten Produkt ist beim Besuch des Unternehmens in Poppenhausen an der Wasserkuppe immer wieder zu spüren. „Mir macht es viel Spaß und zugleich ist es für mich eine große Herausforderung, die Aerodynamik moderner Segelflugzeuge, basierend auf bewährten Designs, mit aktuellen Berechnungsmethoden neu zu erfinden“, berichtet Ulrich Simon, der an der Universität Stuttgart Luft- und Raumfahrttechnik mit einem Masterabschluss studiert hat und sich seit 2017 im AS-Konstruktionsteam auf den Einsatz der Simulationssoftware spezialisiert hat.

„Fast dreizehn Jahre nach dem Erstflug der überaus erfolgreichen ASG 29 haben wir jetzt deren Weiterentwicklung, die AS 33, vorgestellt“, erklärt Joschka Schmeisl, der Leiter Konstruktion und Produktion. „Dabei konnten wir durch numerische Strömungssimulationen weitere entscheidende Verbesserungen der Flugleistung erreichen. Der komplett neu entwickelte Flügel mit einer Länge von 18 Metern erlaubt mit nur zehn Quadratmetern Flügelfläche sehr hohe Flächenbelastungen und beste Gleitleistungen im hohen Geschwindigkeitsbereich. Zusätzlich wurde der Flügel-Rumpf-Übergang optimiert. Ebenso konnte eine veränderte Auslegung der Flügelenden, der sogenannten Winglets, die dort auftretende Wirbelbildung minimieren. Auch dabei spielte die Software von ANSYS zur Strömungsanalyse eine entscheidende Rolle.“

Auf der Grundlage der aerodynamischen Simulationsergebnisse entwickelte das Konstruktionsteam neue Tragflügelprofile, die dann im Windkanal getestet wurden. Dadurch konnten die Eigenschaften moderner Laminarprofile abgesichert werden, zum Beispiel ein sehr geringer Widerstand kombiniert mit noch höherem Auftrieb im Kreisflug und angenehmer Handhabung.

Ulrich Simon fokussierte sich schon im Studium auf Aerodynamik und Strömung und war in der Akademischen Fliegergruppe, kurz Akaflieg, aktiv. Während seiner Masterarbeit lernte er die ANSYS-Software zur Strömungsanalyse (CFD – Computational Fluid Dynamics) und strukturmechanischen Berechnung (FEM – Finite Elemente Methode) intensiv ken-

**„Ein Flugzeug von der Idee bis zur Vermarktung zu gestalten, den Prozess zu koordinieren und am Ende selbst zu fliegen, ist eine der schönsten Tätigkeiten, die ich mir vorstellen kann.“**

Joschka Schmeisl, Leiter Konstruktion und Produktion bei Alexander Schleicher Segelflugbau

nen. Dabei sammelte er viele Simulationserfahrungen hauptsächlich mit der CFD-Software, deren Anwendung ihm von Anfang an leicht fiel.

Als besondere Herausforderungen beim Softwareeinsatz im Unternehmen Alexander Schleicher nennt er die Berechnung der laminar-turbulenten Transition sowie die Erstellung komplexer Rechengitter mit hoher Grenzschichtauflösung in ICM CFD. Aber auch die Validierung des Rechnetzes und der Solver-Settings durch experimentelle Daten war eine Herausforderung. Mit Grenzschichtberechnungen, die Aufschluss über laminare und turbulente Strömungsgebiete geben, hat sich Ulrich Simon besonders intensiv beschäftigt, da diese entscheidend für das Flugverhalten sind. Früher wurde dieser Bereich durch eine intensive Zusammenarbeit mit Universitäten abgedeckt, um noch mehr Wissen über eine optimale Auslegung von Segelflugzeugen aufzubauen. Mit dem Einsatz der Simulationssoftware sind die Segelflugspezialisten diesbezüglich einen weiteren Schritt vorangekommen.

Aber die Simulation funktioniert natürlich nicht auf Knopfdruck, sondern muss gut vorbereitet sein. Dazu erklärt Ulrich Simon: „Mir sind nur wenige Turbulenzmodelle bekannt, die den Umschlagpunkt von laminarer zu turbulenter Strömung genau und sicher berechnen können, was für den Segelflugkonstrukteur aber eine entscheidende Voraussetzung ist. Wird von einer Umschlagslage ausgegangen, die



**Bild 1:** Nach dem Adler folgt von oben nach unten: Rendering der AS 33, Simulation mit hoher Flügelposition, halbhoher und mittlerer Flügelposition am Rumpf. Die mittlere Flügelposition schnitt insgesamt am besten ab und wurde deshalb gewählt.



nicht der Realität entspricht, werden auch das Widerstandsverhalten und damit die Flugeigenschaften falsch eingeschätzt. Das kann sehr gravierende Folgen haben.

Ziel ist es, den Widerstand möglichst gering zu halten, um die erreichte Höhe und folglich die Energie, die durch eine Thermik erstiegen wurde, möglichst lange nutzen zu können. Die Energie und Höhe muss bis zum nächsten Aufwind reichen oder bei einer Meisterschaft zu einer höheren Geschwindigkeit als bei den anderen Teilnehmern führen.

### Wann und wo entstehen lokale Ablösungen?

„Zwar lässt sich bei der Optimierung der aerodynamischen Gestalt der Flügel mit CFD-Berechnungen noch etwas herauskitzeln“, erläutert Ulrich Simon „aber beim Rumpf beziehungsweise der Interaktion zwischen Rumpf und Flügel ist meist mehr Optimierungspotenzial vorhanden. Gleiches gilt für das Verhalten des Leitwerkes und die Effizienz der Winglets an den Flügelenden.“ Folglich konzentrierte er sich zunächst auf die Auslegung des Übergangsbereiches zwischen Flügel und Rumpf und suchte nach der besten Position für die Anbringung der Flügel am Rumpf. Durch eine Positionierung im oberen Bereich lassen sich lokale Ablösungen eher vermeiden. Dagegen ist weiter unten die Verschneidungsfläche kleiner und durch die kleinere Oberfläche verringert sich der Widerstand. Dieses Verhalten lässt sich mit der CFD-Software sehr gut untersuchen. Die Übergangsgeometrie kann immer wieder variiert und neu berechnet

**Für das gesamte AS-Entwicklungsteam ist der Segelflugzeugbau eine spannende und erfüllende Aufgabe.** Die Verknüpfung von handwerklichem Können und High-Tech ist dabei einzigartig und macht den besonderen Reiz aus. Sie können immer wieder an die Grenzen des Machbaren gehen oder diese sogar verschieben, um neue Produkte auf höchstem Niveau zu entwickeln.

V.l.n.r.: Joschka Schmeisl, Paul Anklam, Andreas Storch, Ulrich Simon, Tobias Mörsel und Manfred Münch.

werden, um Unterschiede zu erkennen und dann die beste Lösung zu wählen.

Während des Vorentwurfs wurden sechs Varianten für unterschiedliche Flugzustände und verschiedene Anströmbedingungen intensiv analysiert, um unter anderem folgende Fragen zu klären: Wie sieht die Umströmung aus? Wann und wo entstehen Ablösungen? Zusätzlich wurden der Ver-

rundungsradius der Anbringung und der Flügelschnitt im Detail auf Basis der Berechnungen noch optimiert. Denn viele Kleinigkeiten tragen zum positiven Gesamtergebnis bei. Außerdem wird im Strömungsbereich auch sehr viel experimentell untersucht, zum Beispiel im Windkanal, unter anderem um das Simulationsmodell immer wieder zu kalibrieren.

### CFD-Berechnungen bringen uns Sicherheit

„Im Gegensatz zu Neuentwicklungen anderer Segelflugzeughersteller kamen wir als Entwicklungsteam übereinstimmend zu dem Ergebnis, dass eine hohe Anbindung der Flügel am Rumpf aus Gründen des Widerstands nicht zwingend notwendig ist, und wir deshalb bei einer Anbindung im mittleren Bereich geblieben sind und diese optimiert haben“, berichtet Ulrich Simon. „Die Auswahl einer Variante in der mittleren Position ist für die AS 33 am sinnvollsten, da sie vor allem im Schnellflug am wenigsten Widerstand bietet. Auch bei langsameren Geschwindigkeiten haben wir die Ablösungen in den Griff bekommen, nachdem wir die Flügel und die Rumpfanbindung entsprechend den Simulationsergebnissen ausgelegt haben (Bild 1).

Dazu ergänzt Joschka Schmeisl: „Diese Erfahrungen und die Sicherheiten, die wir durch die CFD-Berechnungen erhalten haben, sind für uns von großem Nutzen. Sie bestätigen in vielen Fällen unsere traditionellen Erfahrungen und zeigen uns zusätzliches Optimierungspotential auf. Dadurch können wir uns als einer der wenigen Hersteller, die alles aus einer Hand



**Bild 2:** Links: Ursprüngliche Wingletgeometrie mit deutlichem Druckminimum im Übergangsradius. Rechts: Wingletgeometrie nach der CFD-Optimierung mit stetigem Druckverlauf über dem Radius.

bieten, im internationalen Wettbewerb noch besser positionieren. Mit über 80 Jahren Erfahrung bei der Entwicklung und Fertigung sowie einer sehr großen Fertigungstiefe fühlen wir uns für die Zukunft gut gewappnet und können die Latte jetzt noch etwas höher legen.“

Aber die Entwicklung ist nur die halbe Arbeit. Die andere Hälfte besteht aus der Zulassung. Dazu muss die Struktur nachgerechnet werden, zum Beispiel ist die Festigkeit der Flügel nachzuweisen und sind Belastungsversuche durchzuführen. Insgesamt werden Informationen verlangt, die einige Aktenordner füllen. Besondere Herausforderungen liegen in der Berechnung von komplexen Faserverbundbauteilen. Dies erfolgt durch die Erstellung detaillierter Schalenmodelle mit allen Verstärkungen und den exakten Laminatdicken innerhalb der Software ANSYS Composite PrepPost (ACP), die genau für solche Aufgaben entwickelt wurde.

## Modalanalysen verhindern das gefürchtete Flattern

Aufgrund der aerodynamischen Optimierungen werden die Flügel immer länger und schlanker. Dies führt strukturdynamisch zu höheren Belastungen. Auch das Gewicht des Rumpfes steigt, unter anderem durch ein weiterentwickeltes Crash-optimiertes Cockpit, eine ergänzende Instrumentierung oder auch einen zusätzlichen Motor, der von einigen Piloten gewünscht wird. Alles muss von den Flügeln getragen werden. Und das bei einer Bauhöhe des Flügels, die erstmals unter zehn Zentimeter liegt.

„Die erhöhten Anforderungen haben wir mit einer FEM-Optimierung der Tragflügelstruktur gemeistert“, erklärt Ulrich Simon. Dazu gehören die Überprüfung der analytischen Strukturauslegung, Verstärkungen an hoch belasteten Stellen sowie die Berechnung der Reservefaktoren für die Gesamtkonstruktion der Tragflügelstruktur. Modalanalysen zur Unterdrückung von Schwingungen im Flug verhindern das gefürchtete Flattern. „Mit der ACP-Software bin ich in der Lage, beispielsweise die Dimensionierung von Verstärkungslagen schnell zu analysieren und zu verbessern. Außerdem kann ich unterschiedliche Varianten untersuchen und sehr einfach vergleichen, um sie zu bewerten und die am besten geeignete auszuwählen“, ergänzt der Berechnungsingenieur.

Die Holme der Tragflügel bestehen ebenso wie die Flügelflächen aus Faserverbundwerkstoffen. Sie werden als Biegeverbund berechnet und so ausgelegt, dass die Druck- beziehungsweise Zugfestigkeit der Kohlenstofffasern möglichst vollständig ausgenutzt wird. Dazu ist es unabdingbar, Spannungsspitzen in der Verklebung zwischen Holmgurten und Holmstegen zu reduzieren. Dies konnte durch eine komplette 3D-Modellierung des Biegeträgers mit der ANSYS Software erstmals zielgerichtet umgesetzt werden.

Die so optimierte Flügelstruktur kann die hohen und schlanken Winglets mühelos tragen. Um den Widerstand dort zu reduzieren, wurde die Auftriebsverteilung anhand von Schränkungs- und Profilmodifikationen im Übergangsradius aufgrund der CFD-Ergebnisse optimiert. Durch eine veränderte Schnittkontur und eine

entsprechende Drehung konnte auch der Bereich homogener gestaltet werden (Bild 2). Dazu wurden rund 30 Berechnungen durchgeführt, um das konkrete Verhalten besser analysieren zu können.

„Mit dem Simulationseinsatz haben wir uns im Entwicklungsteam einen neuen Bereich zu eigen gemacht, Fähigkeiten erlangt und mit Berechnungen wichtige Informationen erhalten, über die wir bisher noch nicht verfügten“ betont Joschka Schmeisl. „Damit konnten wir bei der Entwicklung der AS 33 weitere Verbesserungen erzielen und haben eine sehr gute Grundlage für zukünftige Neu- und Weiterentwicklungen. Wir sind nicht mehr in dem Maße auf Hochschulen oder Dienstleister angewiesen wie bisher, können autarker arbeiten und mehr Ideen ausprobieren. Speziell in der frühen Entwicklungsphase ermöglicht uns die Simulation unterschiedliche Ideen aufgrund von Berechnungen direkt zu vergleichen, um eine bessere Entscheidungsgrundlage zu erhalten.“

Zwar erwarten die Segelflugspezialisten keine sensationellen Verbesserungen, aber wichtige Erkenntnisse bei der Erforschung der konkreten Details, um ihren Kunden weiteren Mehrwert zu bieten. Somit profitiert das gesamte Entwicklungsteam – und damit das Unternehmen – von den Investitionen in Simulationssoftware und einen entsprechenden Berechnungsingenieur. Dies schlägt sich in vielen kleinen Dingen nieder, mit der die Qualität der AS-Flugzeuge insgesamt verbessert wird. Und die Lernkurve steigt weiter an.



### InfoUnternehmen

Alexander Schleicher Segelflugzeugbau  
[www.alexander-schleicher.de](http://www.alexander-schleicher.de)

### InfoAnsprechpartner | AS

Ulrich Simon  
[ulrich.simon@alexander-schleicher.de](mailto:ulrich.simon@alexander-schleicher.de)

### InfoAnsprechpartner | CADFEM

Timo Frambach  
Tel. +49 (0)231-99 32 55-16  
[tframbach@cadfem.de](mailto:tframbach@cadfem.de)