

# Virtuelle UL-Welt

Flugsimulation bestimmt in weiten Teilen der Luftfahrt die Flug-Ausbildung – allerdings nur bei den Profis. Bei Privatpiloten und Ultraleichtfliegern dagegen galt der Einsatz bisher als zu teuer und realitätsfern. In München entsteht zur Zeit ein neues Flugsimulator-Projekt, das als Zielgruppe Kleinflugzeug- und insbesondere Ultraleichtflugzeug-Piloten hat und mit dem Teile der praktischen Grundschulung ersetzt werden sollen. Wir sind den CT-SIM in der TU München „geflogen“.



**M**agnet-Check, und ich rolle auf die Piste. Ganz schön riesig, die rechte Bahn von München II, und für mich eine echte Premiere, von hier aus mal nicht mit dem Verkehrsflieger in den Süden zu düsen, sondern mit einer CT selbst abzuheben. Die Bahn ist ja wirklich lang genug, so setze ich keine Klappen, sondern schiebe einfach nur das Gas rein. Der Rotax heult auf, und die CT nimmt Geschwindigkeit auf. Etwas Seitenruder, um die Maschine bei Vollgas auf der Pistenachse zu halten, bei 90 km/h ein leichter Zug am Knüppel, und ich bin airborne. Da ich allein bin, steigt die Maschine steil mit mehr als fünf Metern pro Sekunde in den Abendhimmel. Links unter mir sehe ich die Terminals und Verkehrsmaschinen stehen. Für einen UL-Flieger kein alltäglicher Anblick. Ich sitze zwar in einem echten CT-Cockpit, aber das Motorgeräusch kommt aus dem Lautsprecher, und die Landschaft wird von einem Beamer auf die Leinwand vor mir gezaubert.

Nach Verlassen der Platzrunde fahre ich die Klappen auf minus zehn und gehe auf Südkurs. In der Arbeitshöhe von 600 Metern über Grund dann einige Handlingtests, auf Knüppel und Pe-

dal-Input reagiert die virtuelle CT fast wie ihre echte Schwester. Rollzeit und selbst die Ruderdrücke sind täuschend echt. Bei den Ruderkräften fehlt allerdings, dass diese im realen Fliegen mit höherer Geschwindigkeit deutlich zunehmen. Die Reaktionen beim Fahren der Klappen, wie eine Veränderung der Trimmung, sind sehr realistisch. Auch die maximale Sinkrate bei voll gefahrenen Klappen entspricht der, die ich vor Jahren beim Testflug der echten CT gemessen habe. Den Höhenmesser oder den künstlichen Horizont justieren: Auch das klappt wie bei der Echten – und das, obwohl alle Instrumente mittels eines LCD nur simuliert werden.

## Wie beim echten Test: der Stall

Die Maschine taucht nach dem Stömungsabriss wesentlich stärker durch als ihr echtes Vorbild. „Das haben wir absichtlich so gemacht“, erklärt Florian Holzapfel, Mitarbeiter am Lehrstuhl für Flugmechanik und Flugregelung der TU München, „denn in den Grenzflugzuständen reagiert die Simulation nicht so realitätsnah wie beim Normalflug. Das lag daran, dass die nötigen Messdaten für eine realistische Simulation in

diesem Bereich nicht vorlagen. Das ist anders als bei den Simulatoren, die für die Großluftfahrt entwickelt werden. Dort werden diese Daten errechnet oder mit Messgeräten speziell erflogen, aber das wäre hier zu aufwendig und damit zu teuer gewesen. Daher haben wir uns beim Erstellen des Rechen-Modells für den Flieger auf den Normalflugzustand konzentriert, das Flugverhalten im Grenzbereich absichtlich überzeichnet, um die Piloten vom Trainieren von gefährlichen Manövern und Kunstflug abzuhalten. Es wäre schließlich ein fataler Irrtum, wenn die Leute glaubten, sie trainierten zum Beispiel Trudeln im Simulator, um es dann später, wenn es dort geklappt hat, in Realität nachzumachen. Positive Manöver jedoch, zum Beispiel eine Fassrolle, kann man problemlos fliegen.“

Nach einigen weiteren Tests nehme ich das Gas raus, und es geht zurück zum Platz. Zum Glück ist die Bahn in München sehr lang und sehr breit, denn der Anflug gestaltet sich etwas schwieriger als in der Realität. Klar, beim richtigen Fliegen hat man ja eine Menge zusätzlicher Sinneswahrnehmungen, die bei der Orientierung helfen. Wenn man am Knüppel drückt, dann sieht man



**Viel Feinabstimmung ist noch gefragt, doch in Zukunft soll der CT-SIM auch eine Mehr-Kanal-Sicht ermöglichen.**

das nicht nur durch die Windschutzscheibe, sondern merkt es auch im Magen. Vor allem das Abschätzen der Höhe nur über die Ein-Kanal-Sicht auf die Leinwand ist schwierig. So komme ich etwas schnell an den Boden heran, Gas ganz raus, und das Aufsetzen wird etwas hart. Man sieht, dass die Fahrwerksbeine ihre Arbeit tun. Aber alles in allem ist mein erster UL-Flug in München II ganz positiv verlaufen.

### Die Technik

Die Idee zum Flugsimulator hatte Stefan Müller (33) –, bei seinen Hobbies und seinem Beruf lag die Entwicklung eigentlich auf der Hand. Der promovierte Luftfahrt-Ingenieur ist Gleitschirm- und PPL-Pilot. Beruflich ist er Mitinhaber und Vorstandsmitglied der AeroLabs AG. Diese entwickelt Highend-Sichtsysteme für professionelle Flugsimulatoren. Und nachdem er in seiner Freizeit begeisterter CT-Pilot ist, entstand die Idee zum CT-Simulator. In Matthias Betsch, dem Chef von Flight Design, fand Müller einen Hersteller, der immer für neue Ideen zu begeistern ist und ein Original CT-Cockpit inklusive der nötigen Hardware zur Verfügung stellte.

Für die Entwicklung des komplexen Simulationsmodells konnte Müller den Lehrstuhl für Flugmechanik und Flugregelung (LFM) der TU München, mit dem AeroLabs zusammenarbeitet und der in diesem Gebiet eine ausgewiesene Fachkompetenz darstellt, begeistern. Die Cockpit-Instrumente wurden am Forschungssimulator des LFM entwickelt und getestet.

In der Entwicklung von hochrealistischen Gelände- und Geometrie-Datenbanken wie Flughäfen-, Szenerie- und Flugzeuggeometrie-Modellen kooperiert AeroLabs mit der Firma Aerosoft. Die Paderborner haben sich auf Add-On-Module für Simulatoren im Bereich Freizeit-Anwender wie den Microsoft-Flugsimulator, X-Plane oder Fly! spezialisiert. AeroLabs bezieht die Original-Geometriedaten von Aerosoft im höchsten Detaillierungsgrad und konvertiert diese in ein von AeroLabs für professionelle Anwendungen entwickeltes, optimiertes Dateiformat. Das heißt, dass der CT-SIM mit einer großen Auswahl an Flughäfen in sehr hoher Detailtreue betrieben werden kann. Landschaften werden von AeroLabs mittels SRTM-Daten (Shuttle Radar Topographie Mission) in Kombination mit Sate-

litenbildern generiert, wodurch ein äußerst realer Eindruck entsteht. Bei Bedarf werden von AeroSoft auch individuelle Flugplätze modelliert.

Normalerweise liefert die AeroLabs AG Sichtsystem-Komponenten, zum Beispiel für Verkehrsflugzeuge oder Militärmaschinen. „Bis vor kurzem noch wären solche Systeme schon von der Hardware her für einen UL-Simulator unerreichbar gewesen, man brauchte als Rechner mehrere Workstations mit Spezial-Betriebssystemen, und die kosteten allein schon für den gesamten Simulator mehr als 100.000 Euro. Dazu kamen Soft- und Hardware für Cockpit, Instrumente etc.“, so Marius Heise, Mitgründer und Vorstandsmitglied von AeroLabs. „Das Entscheidende ist, dass ein solcher Simulator mit den sehr komplizierten Berechnungsmodellen möglichst immer in fest getakteten Zeitschritten ablaufen muss, anders also als bei einem Spielesimulator, bei dem die Berechnungen im jeweils aktuellen Zeittakt berechnet werden. Im Spiele-Bereich führt das ungenau getaktete Berechnen der Simulationsschritte und das mögliche Überspringen von Berechnungszyklen für Trainingszwecke meist zu einem verfälschten Flug-



Zur Internationalen Luftfahrtausstellung ILA in Berlin wurde der SIM „gefahren“.



Instrumentenpanel im CT-SIM während einem Sinkflug.



Wie in der „echten Schulung“ kann der Lehrer neben dem Schüler sitzen.

zeugverhalten.“ Dadurch, dass man im Rahmen der Hyperthreading-Technologie bei neuen PC-Architekturen einen Großteil der Rechenleistung vom Betriebssystem abschotten und für die Simulationsanwendung echtzeit-kritisch reservieren kann, ist mit der Simulationssoftware auch unter Windows XP möglich, dass die Rechenprozesse schnell genug abgearbeitet werden, um einen a posteriori Echtzeit-Ablauf und somit ein sehr realitätsnahes Verhalten der Simulation zu gewährleisten.

Die Arbeit teilen sich drei Pentium IV-Rechner mit 2,4 Gigahertz. Zwei arbeiten im Gepäckraum des CT-Mockups und der dritte unter der Motorhaube. Einer ist für die Flugsimulation zuständig, einer für das Sichtsystem und einer für die Cockpit-Darstellung, alle sind über ein 100 Megabit-Netz verbunden.

Die Steuerorgane wurden mit elektronischen Sensoren versehen, die Ruder-Rückstellkräfte werden über Federn realisiert. Da auch bei der realen CT Federn zur Verstärkung der Ruderkräfte eingesetzt werden, ist der Ruderdruck erstaunlich real. Die Anzeige-Instrumente wurden durch künstliche Darstellungen mittels eines LCD ersetzt. Für die Entwicklung des Simulationsmodells, welches das dynamische Verhalten des Flugzeugs in Echtzeit nachbildet, zeichnete sich der Lehrstuhl für Flugmechanik und Flugregelung der TU München verantwortlich. Aero-Labs lieferte das System für die hochrealistische Außensichtdarstellung. Flight Design stellte die Hardware.

Einer der großen Unterschiede zu den Spiele-Simulatoren ist die Komplexität, mit der das Flugzeug elektronisch nachgebildet wurde. So wird das Flugverhalten zum Beispiel beeinflusst, wenn man die Beladung durch Vollerfüllung ändert. Auch von der eingestellten Höhe und Temperatur ist das System abhängig, so dass dem Schüler sehr deutlich wird, wie sich die Start-Rollstrecke ändert, wenn der Platz auf 2000 Metern liegt.

### Die Meinung von Profis

**Max Walch (41) fliegt seit 1980, hat CPL/IFR mit Fluglehrer-Lizenzen für PPL-A, Aerobatic und Schleppflüge, auch mit Fangschlepp, zwei ruhende Ratings für die Cessna und Piper Zveimot-Serie; außerdem den Luftsportgeräte-Führerschein für Dreiachser-UL mit Fluglehrer-Lizenz und Schlepp-Berechtigung. Seine Firma AIR CHARTER Luftfahrt GmbH verchartert in Jesenwang bei München Cessnas und Ultralights und betreibt eine UL-Flugschule mit Ausbildung auf CT und CT SW:** „Als ich das erste Mal vom Flugsimulator für Ultraleichtflugzeuge hörte, dachte ich an einen PC mit Joystick und Computermonitor, nicht gerade ein Szenario, das man in der praktischen UL-Schulung einsetzen kann“, so der Fluglehrer aus Jesenwang, „aber nachdem ich an der TU München Gelegenheit hatte, den Simulator auszuprobieren, hat sich meine Meinung geändert. Ich denke, diesen Simulator kann man tatsächlich in der praktischen Flugausbildung einsetzen. Dadurch, dass ein Original-Cockpit verwendet wird, kann sich der Flugschüler an seine künftige Arbeitsumgebung gewöhnen und Handgriffe und Prozeduren einüben, vom Anlassen über Magnet-Check und Klappenfahren, bis zum Einstellen und Ablesen der Instrumente. Bei den ersten Stunden sollte der Fluglehrer wie in der Realität auf dem rechten Sitz Platz nehmen, kann Tipps geben und im Notfall eingreifen. Der CT-SIM

ist hierbei mehr als ein reiner Verfahrenstrainer, die akustische Untermalung ist authentisch gelungen, und viele Details sind sehr realistisch. Zum Beispiel haut die Kugel bei Leistungsveränderung am Motor ab, weil der Propeller drall steigt. Auch die Ruderabstimmung ist realistisch, ich glaube, dass man den Schülern im Simulator einiges wesentlich stressfreier beibringen kann als gleich in der Luft. Denn aus der realen Praxis weiß ich: Dann, wenn es Richtung Boden geht, kriegen viele Schüler Angst, die das Lernen behindert. Die beste Motivation beim Fliegen ist Spaß –, und mit Angst macht es einfach keinen Spaß. Ich denke, dass man den Simulator sehr gut innerhalb der ersten 15 Stunden der Praxisausbildung einsetzen kann. Wie bei einer richtigen Flugstunde sitzt der Fluglehrer daneben. Man könnte zum Beispiel die Hälfte der ersten 15 Flugstunden in der UL-Ausbildung ersetzen, und zwar immer im Verhältnis zwei zu eins, also zwei Simulator-Stunden für eine echte.

Natürlich kann ein fertiger Pilot an einem Microsoft-Flugsimulator Platzrunden üben und mit neuen Szenarien neue Plätze zuerst virtuell kennen lernen, bevor er sie tatsächlich anfliegt. Aber das ist nur etwas für Leute, die schon fliegen können. Der CT-SIM oder ähnliche Simulatoren hingegen könnten ein wichtiger Teil der Ausbildung für Fußgänger werden.“

**Thomas Wilhelm ist Bundeswehr-Testpilot auf Hercules C160 und Do228 sowie Projektpilot beim neuen Transportflugzeug A400M. In diesem Rahmen arbeitet er für die Bundeswehr zusammen mit der EASA an der Entwicklung des Simulators für den neuen Transporter. In seiner Freizeit fliegt er auch kleine Einmots, aber bisher keine Ultraleichten:** „Die Leistung, die der CT-SIM bringt, ist erstaunlich. Das Sichtsystem ist meiner Meinung nach ausreichend, um auch komplexe Manöver wie das Durchstarten zu üben. Natürlich sind professionelle Mehr-Kanal-Sichtsysteme mit 180 Grad-Sichtwinkel noch besser, aber ich glaube, der Simulator ist gut genug, um bei der Schulung eingesetzt zu werden. Ich denke, man kann ihn zum Beispiel einsetzen, um den Anflug eines Großflughafens zu trainieren, um sich dort



**Die Höhe abzuschätzen,** ist im CT-SIM aufgrund der Ein-Kanal-Sicht noch schwieriger als im wirklichen Flieger-Leben.



	<p><b>Raketentmotoren</b> UPI-PFE 200 Impuls 200 Ns Brenndauer:0,68</p>	
<p>Fallschirme · Raketen · Ultraleichtflugzeuge Klixdorf 43 * D-47906 Kempen *Tel./Fax: +49 (0)2152-50231 Homepage: <a href="http://www.air-contact.de">www.air-contact.de</a>, e-mail: <a href="mailto:info@air-contact.de">info@air-contact.de</a></p>		
	<p><b>Fiti Propeller</b> weniger Lärm, weniger Verbrauch mehr Leistung Ø 1270 - 1750 mm <b>Verstellpropeller</b></p>	
		<p><b>Rettungssysteme für Ultraleichtflugzeuge</b> Tragkraft: 520 kg Geschw.: 230 km/h V<sub>sink</sub>*: &lt;7m/sec, Gewicht: 13 kg Maße: 190 x 600 mm</p>



**Stefan Müller mit seinen CT-SIM-Kollegen Marius Heise, Florian Holzzapfel und Sven Kuhlmann (v. l.). Alle bringen ihr Know-how begeistert ein und testen Fortschritte am liebsten selbst.**



am Boden und in der Luft mit den Pflichtmeldepunkten zurechtzufinden. Auch das Rollen ist sehr realistisch. Natürlich kann man auch Notfälle simulieren, Sichtverschlechterung, Maßnahmen wie Notlandungen und Motorausfall, Ein- und Ausflug bei Schlechtwetter, denn der Simulator besitzt auch einen Wettergenerator. Der CT-SIM leistet hier mehr als die bekannten Verfahrenstrainer aus dem Einmot-Bereich, er ist in einigen Belangen ähnlich wie aufwendige Typen- oder Modelltrainer.“

### Was kann der Simulator

Im Allgemeinen unterscheidet man bei Simulatoren zwischen Verfahrenssimulatoren, wie sie zum Beispiel bei der IFR-Schulung eingesetzt werden, und Typensimulatoren, bei denen ganz spezifisch ein Flugzeugmodell nachgebaut wurde. Hier sind dann auch Instrumente, Steuerknüppel und Bedienhebel original. Mit einigen kleinen Abstrichen, so werden die Instrumente mit einem LCD-Bildschirm simuliert, ist der CT-SIM ein Typensimulator, bei dem nicht nur generelle Prozeduren, sondern auch die spezifische Handhabung der Maschine eingeübt werden können. Mit dem CT-SIM kann man momentan Rollen, Starten, Landen sowie die Handhabung im Flug simulieren, und wenn mehr Szenarien zur Verfügung stehen, kann man Navigationsaufgaben lösen. Man kann sicher nicht erlernen, wie sich das Flugzeug „anfühlt“ oder wie es sich in Grenzsituationen verhält. Da sich der Simulator auf optische und akustische Reize beschränkt,

(er bewegt sich nicht entsprechend der Flugzeugbewegungen), kann er hauptsächlich dazu dienen, Prozeduren einzuüben.

„Die Außensichtdarstellung ist momentan nur als Ein-Kanal-Sicht mit einem Beamer und Leinwand realisiert“, erklärt Müller. Eine Mehr-Kanal-Sicht mit zwei zusätzlichen seitlichen Projektoren ist möglich, aber wesentlich teurer, vor allem muss dann auch eine spezielle Leinwand verwendet werden, die dann nicht so transportabel ist, außerdem müssen nach dem Transport die Beamer jeweils neu justiert werden. „Technisch sind Mehr-Kanal-Anwendungen in der Außensicht-Software von AeroLabs vorgesehen und können jederzeit realisiert werden.“, ergänzt Müller. „Hier ist ein weiterer Unterschied zu Spiele-Simulatoren, die diese Möglichkeit im Allgemeinen nicht bieten, der nächste Simulator, der schon in Arbeit ist und von einem Flight Design-Konkurrenten bestellt wurde, wird eine Drei-Kanal-Außensicht mit 180 Grad-Sichtwinkel haben. Der Flugsimulator für UL-Piloten ist ein interessanter und viel versprechender Ansatz, der, wenn er tatsächlich in der Ausbildung eingesetzt werden kann, zur Sicherheit des Fliegens beitragen wird. Seine Praxisfähigkeit wird der Simulator schon 2005 beweisen. Er wird bei der Flugschule Air Charter am Flugplatz Jesenwang nahe München aufgestellt und dort in der Schulung eingesetzt. In einem Erprobungsprogramm wird mit echten Schülern ermittelt, ob und welche Lehrinhalte der Simulator eventuell ersetzen kann. Um den Schülern auch die richti-

ge Platzrunde näher zu bringen, hat Walch bei der Firma AeroLabs eine Szenerie mit dem Platz Jesenwang bestellt. Diese wird von AeroSoft individuell auf die Bedürfnisse im Schulungseinsatz abgestimmt, modelliert und von AeroLabs in den CT-SIM integriert.“

### Fazit

Natürlich ist die CT-SIM kein Ersatz für ein richtiges Flugzeug, aber der werdende Pilot kann hier Handgriffe und Prozeduren so trainieren, wie sie in Wirklichkeit ablaufen, so dass diese Prozesse automatisiert werden. Vorausgesetzt, der Lerneffekt ist da, kann der Simulator den Flugschulen helfen, Schlechtwetterperioden zu überbrücken und eventuell sogar nachts zu schulen. Ob er ein Erfolg wird, hängt auch vom Preis ab. Während AeroLabs die Gesamt-Entwicklungskosten nicht genau beziffern möchte, spricht Flight Design-Boss Matthias Betsch von einem anvisierten Verkaufspreis von zirka 30.000 Euro und Fluglehrer Max sieht es ganz pragmatisch: Die Stunde im Simulator müsse am Ende zwischen 20 und 30 Euro kosten, so dass die Stunde mit Lehrer dann bei zirka 50 Euro liegt. Der Lehrer kostet schließlich dasselbe wie beim richtigen Fliegen.

Die **Flügel**-Redaktion wird die Entwicklung auf jeden Fall weiter verfolgen. Damit Sie sich selbst ein Bild davon machen können, wird der Simulator auf der AERO 2005 am Stand von **Flügel** präsentiert: Dort können Sie dann selbst ein paar Runden drehen.

**Willi Tacke** ☛