

Gerd Hildmann

# Entwerfen und Fliegen von Entenmodellen

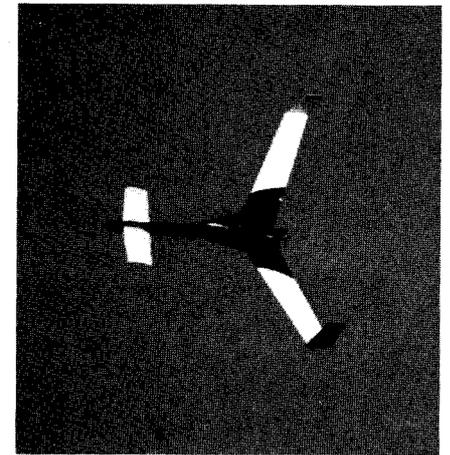
## Teil 1 Hintergründe und Erfahrungen

Entenflugmodelle gehören in eine Sparte des Modellflugs, die laufend neue Freunde gewinnt. Eine Ente zu entwerfen und zu fliegen ist für Modellflieger, die sich vorwiegend dem Experimentalflug verschrieben haben, geradezu eine Herausforderung. Als ich vor nunmehr gut 5 Jahren auch begonnen hatte, Enten zu entwerfen und in die Luft zu bringen, hatte ich eine ganze Reihe von Mißerfolgen zu verzeichnen. Der Einsatz an finanziellen Mitteln und an Material war entsprechend groß, und es kam immer wieder an einen Punkt, wo ich glauben mußte, es ginge nicht mehr weiter.

Die Wende kam, als ich Dieter Schall kennenlernte, der zwar zum damaligen Zeitpunkt nicht viel zu den Entenflugzeugen sagen konnte, aber aufgrund seiner fundierten Kenntnisse der Aerodynamik und Flugmechanik der einzige war, der mich weiterbringen konnte. Er hat sich dann während der letzten Jahre sehr intensiv mit der Theorie der Entenflugzeuge auseinandergesetzt, hat Formeln abgeleitet, wieder verworfen, neu angeleitet, mit der Praxis verglichen und vieles mehr. Unsere Zusammenarbeit, die im wesentlichen daraus bestand, daß ich baute und flog, während Dieter Schall unser theoretisches Wissen immer weiter vorantrieb, hat sich gelohnt, und wir können heute mit Fug und Recht sagen, daß Modelle dabei herausgekommen sind, die wirklich neue Probleme gebaut und geflogen werden können.

Ein gutes Zusammenwirken von Flügel und Höhenleitwerk ist von entscheidender Bedeutung dafür, daß die Ente hinsichtlich Längsstabilität und allgemeiner Flugeigenschaften für den Piloten als akzeptabel bezeichnet werden kann. Es hat sich herausgestellt, daß für die Entwurfsarbeit ein programmierbarer Rechner fast unerlässlich ist, will man bei der Auslegung des Modells nicht wochenlang herumrechnen, vor allem dann, wenn durch Variation von Parametern hin- und herprobiert werden soll.

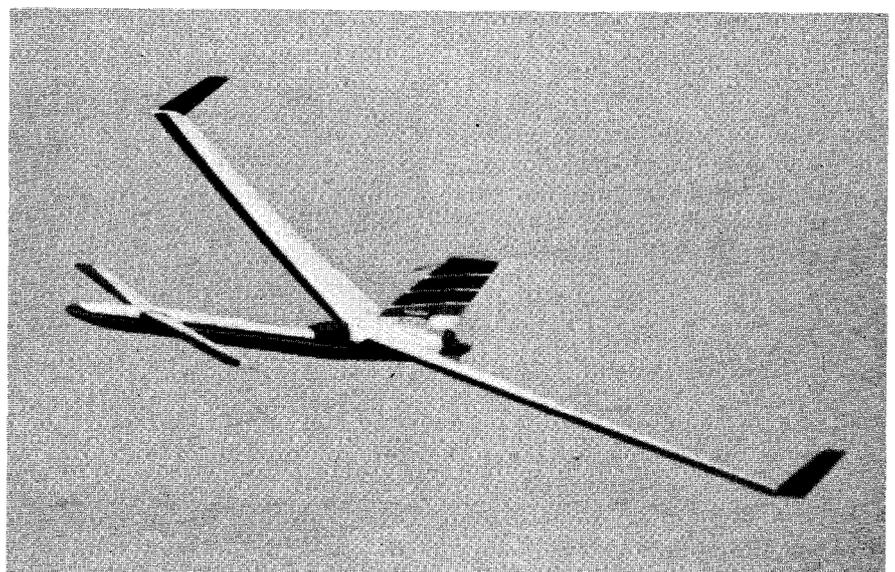
Leider gibt es so gut wie keine Literatur, die sich grundlagenmäßig mit Entenflugzeugen auseinandersetzt, und wir mußten uns praktisch jede Kleinigkeit selbst erarbeiten, sowohl in der Theorie als auch in der Praxis. Hierbei war ein ganz besonderes Problem, daß die Ergebnisse aus der Theorie manchmal nur sehr schwer mit denjenigen aus der Praxis in Einklang zu bringen sind. Dieses Wechselspiel zwischen Theorie und



Motorsegler aus der Zeit, als meine Enten begannen, richtig gut zu fliegen

praktischem Fliegen hat uns dahin geführt, daß wir heute in der Lage sind, Formeln anzubieten, mit deren Hilfe eine gut fliegende Ente entworfen werden kann. Leider ist es so, daß für einen derartigen Entwurf etwas mehr als üblich gerechnet und eine überdurchschnittliche Genauigkeit insbesondere beim Bau des Leitwerks verlangt werden muß. Belohnt wird diese Mühe mit den Vorteilen, die Enten gegenüber Modellen der klassischen Bauweise haben. Diese sind:

- 1) Enorme Längsstabilität, die nicht wie bei konventionellen Modellen durch hohe Leitwerksabtriebe und den damit verbundenen Leistungseinbußen erkaufte werden muß. Man bekommt die Stabilität sozusagen geschenkt.
- 2) Sehr gutes Überziehverhalten, d. h. bei einer gut ausgelegten Ente findet eine Strömungsablösung am Flügel niemals statt, weil der Abriß immer



Motorsegler mit Seitenleitwerk und Winglets

Eines der Modelle, die auf dem langen Weg der Entwicklung der JET ENTE II entstanden

zuerst am Leitwerk erfolgt. Die Ente senkt etwas die Nase und fliegt gemütlich weiter.

- 3) Günstige Auftriebsbilanz. Der Maximalauftrieb wird gerade in den kritischen Flugphasen gebraucht, wo ja langsam geflogen wird. Bei der Ente wird der nutzbare Maximalauftrieb dadurch erhöht, daß auch das Leitwerk viel Auftrieb produziert.

Gerade die Tatsache, daß das Entenleitwerk eine auftrieberzeugende Fläche ist, versetzt Zeugen von Entenflügen immer wieder in Staunen – der phantastisch geringen Fluggeschwindigkeit wegen. Durch den zusätzlichen Leitwerksauftrieb kann sich der Gesamtauftrieb bis zu 20 % erhöhen, woraus eine merkliche Verringerung der Mindestgeschwindigkeit erfolgt, ohne daß man Gefahr läuft, das Modell zu überziehen. Man kann also wirklich an die Grenze gehen, was bei einem normalen Modell niemals möglich wäre. Dieser Sachverhalt soll kurz an einem einfachen Zahlenbeispiel erläutert werden. Die folgenden Daten seien angenommen:

Fluggewicht	3 kp
Flügelfläche	50 dm <sup>2</sup>
HLW-Fläche	12 dm <sup>2</sup>
CAmax Flügel	1,2
CAmax HLW	1,6 (Ente)
CA trimm	-0,2 (konventionell)

Für das normale Modell wird der Gesamtauftrieb 1,15, für die Ente aber 1,58. Die Minimalgeschwindigkeit wäre für das normale Modell etwa 11 m/s, für die Ente ungefähr 8 m/s. Man ist also bei der Ente nicht unbedingt darauf angewiesen, für den Langsamflug entsprechende Hochauftriebsprofile oder Hochauftriebshilfen vorzusehen. Sie kann ohne solche Einrichtungen dennoch langsam fliegen. Es leuchtet ein, daß man durch diese Eigenschaft der Enten bei geeigneter Gestaltung des



Flügels einen sehr großen Geschwindigkeitsbereich erfliegen kann. Sieht man sich z. B. die Flügelgeometrie der JET ENTE II an, so fällt vor allem auf, daß der Flügel als Doppeltrapez mit geringer Streckung ausgebildet ist, der vor allem für den Schnellflug geeignet ist. Das Rechteckleitwerk mit relativ großer Streckung leistet einiges, wenn es um große Auftriebe geht. Damit kommen wir auf eine Mindestgeschwindigkeit von weniger als 5 m/s. Man kann dieses Modell bei entsprechendem Gegenwind getrost senkrecht absteigen und aufsetzen lassen.

Ein zu Anfang schier unlösbares Problem war die Bestimmung eines geeigneten Schwerpunktes, vor allem für den Erstflug. Wir haben hierfür aber mittlerweile Formeln, die sehr gute Schwerpunktlagen liefern. Kritisch ist vor allem die hintere Begrenzung der S.P.-Lagen durch den Gesamtneutralpunkt. Der Spielraum nach vorne ist viel größer, als dies bei Modellen der klassischen Bauweise der Fall ist.

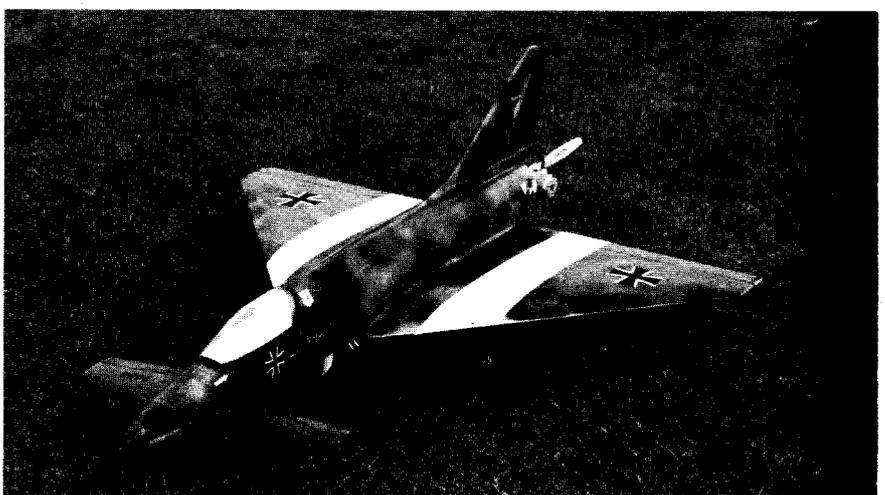
Bei einem Motorsegler in Entenbauweise habe ich diesen Spielraum gete-

stet und dabei festgestellt, daß diese Ente in rauher Thermik noch lag wie ein Brett, wenn vergleichbare normale Modelle schon in großen Schwierigkeiten waren. Geht man einmal an die Leistungsgrenzen eines Seglers, dann wirken sich z. B. laufende Korrekturen mit den Rudern schon auf den Gesamtwiderstand und damit auf die Gleitzahl aus. In solchen Fällen wird eine sonst leistungsgleiche Ente wegen der günstigeren Längsstabilität besser.

Entscheidend beim Entwurf einer Ente ist die Auslegung des Seiten- und Höhenleitwerks. Hier die richtigen Werte bestimmt zu haben entscheidet über die Flugtauglichkeit des geplanten Modells.

#### Bestimmung der Seitenleitwerksfläche

In der einschlägigen Fachpresse gab es hierzu schon Angaben bzw. Formeln, die sich meist auf den Windfahner-effekt stützen, indem z. B. die Summe der vor und hinter dem Schwerpunkt liegenden Flächenprojektionen gegeneinander abgestimmt werden. Ich habe solche Methoden in den Anfängen versucht und mußte leider feststellen, daß



Diese Ente hätte recht gut fliegen können, wäre sie noch heil

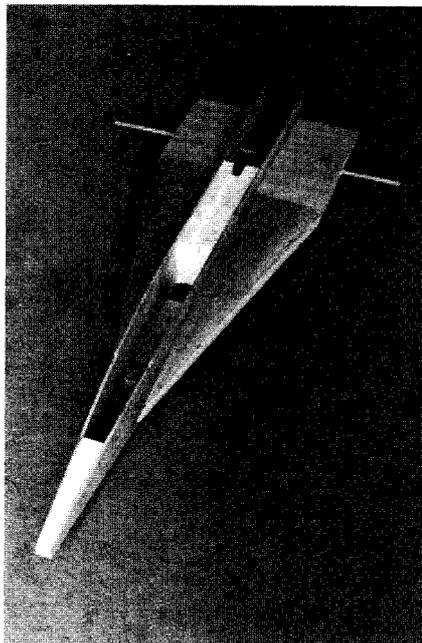
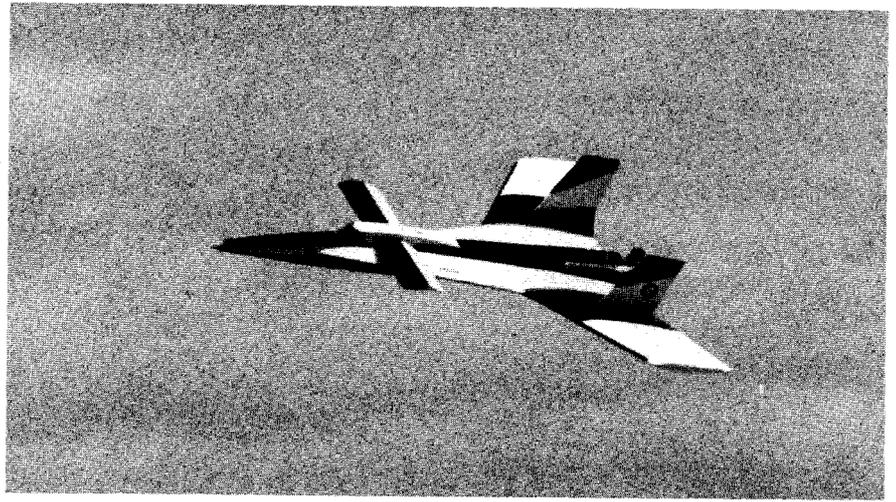
man damit nicht zurechtkommt. Dieter Schall versuchte daraufhin, mit Hilfe statistisch ermittelter Werte weiterzukommen, und es hat sich gezeigt, daß wir damit gute Ergebnisse erzielen. Diese sehr einfache Formel stimmt für die Praxis sehr gut, auch bei so extremen Konfigurationen wie der JET ENTE II.

**Bestimmung der Höhenleitwerksfläche**

Wie schon angedeutet, ist das Höhenleitwerk der Angelpunkt für die Längsstabilität des Entenflugzeugs. Es muß beim Bau ganz besonderer Wert auf mechanische Festigkeit sowie Profilreue gelegt werden. Die Form des HLW paßt stilistisch oftmals nicht unbedingt zum Gesamtkonzept eines Modells, doch spielen beim Entwurf solcher Flugzeuge Dinge eine Rolle, die der Freiheit in der Formgebung Grenzen setzen. Da die Strömung am HLW früher als am Flügel ablösen soll, erhält das Entenmodell in der Regel eine positive EWD (Einstellwinkeldifferenz), d. h. das Leitwerk ist stärker angestellt als der Flügel. Der Anstellwinkel für einen bestimmten Auftriebsbeiwert hängt aber nach den bekannten Formeln für die Umrechnung von den Profilwerten (Flügel unendlicher Streckung) auf den vorliegenden Flügel in erster Linie von der Streckzahl ab. Man muß also sehr genau darauf achten, daß nach Umrechnung der Anstellwinkel des maximalen Auftriebsbeiwertes am HLW wirklich größer ist als am Flügel. Weiterhin ist ein besonderes Augenmerk auf die HLW-Nachlaufströmung im Bereich des Flügels zu richten. Dieter Schall wird in Teil 2 und Teil 4 ausführlich auf diese wichtigen Berechnungen eingehen.

Es ist jedoch nicht die Bestimmung der Leitwerksdaten allein, denn diese Werte korrespondieren sehr stark mit der Schwerpunktlage und der Längsstabilität. Man sollte sich hüten, Formeln und Faustregeln aus dem Bereich der konventionellen Modelle zu benutzen, denn es wäre ziemlich sicher, daß die so projektierte Ente nur einen Flug macht.

Entenleitwerke werden im Bereich hoher Anstellwinkel betrieben und sind deshalb weit größeren mechanischen Belastungen ausgesetzt. Trotz der erforderlichen hohen mechanischen Festigkeit sollte das Leitwerk leicht abscheren können, um laufende Beschädigungen durch den Flugbetrieb zu vermeiden. Ebenso ist auf eine sehr stabile Ausführung der Ruderscharniere und der Ruderanlenkung zu achten, um Ruder-



Trotz des sehr einfachen Aufbaus des Rumpfes ist dieses Modell mechanisch extrem stabil, was in erster Linie von den Styroporkernen kommt



JET ENTE II im stark gezogenen Landeanflug

flattern zu vermeiden. Die besten Erfolge erzielte ich mit einem spaltfreien Höhenruder, wie es bei der JET ENTE II Anwendung gefunden hat.

Ein besonderer Vorteil, den Enten gemeinsam mit Deltamodellen haben, ist die Tatsache, daß der Motor ans Heck montiert werden kann. Erstens bleibt das Modell sauber, und zweitens werden bei harten Landungen Motor und Propeller geschont. Wie in einem der Fotos zu sehen ist, kann der Aufbau eines solchen Modells äußerst einfach gestaltet werden, wobei man trotzdem eine große mechanische Festigkeit durch die Styroporkerne innen und das weit nach vorne gezogene Flügelinnenprofil erhält. Bildet man die Seitenleitwerke als Winglets aus, vergrößert sich durch den Endscheibeneffekt der Flügelauftrieb spürbar. Das heißt, es ist unmöglich, für ein und dasselbe Modell wahlweise Winglets oder Seitenleitwerke zu nehmen, weil dann die Auslegung hinsichtlich der Längstrimmung nicht mehr stimmt.

Stellt man am Flügel eingebaute Leitwerke etwas schräg nach außen, so ergibt sich ein stabilisierender Effekt in der Seitenbewegung (Schieberollmoment), so daß man dann auf eine V-Stellung des Flügels verzichten kann.

Dem experimentierfreudigen Modellbauer eröffnen sich mit den Entenflugmodellen Möglichkeiten, die der klassische Modellflug selbst bei Ausschöpfung aller Möglichkeiten nicht bieten kann. Dies wird den Modellflug sicherlich noch interessanter machen als er bereits ist.

In den nächsten Ausgaben sind weiter vorgesehen:

Teil 2: Aerodynamische Eigenschaften von Entenflugzeugen

Teil 3: Kurzbauplan und Baubeschreibung der JET ENTE II

Teil 4: Einige wichtige Berechnungen an Entenflugzeugen