

Dietrich Altenkirch

Der Schwerpunkt beim Doppeldecker

Jeder Modellflieger hat so seine Faustformel, nach der er bei einem Eindecker den Schwerpunkt plaziert. Exakter gelingt das, wenn man sich das Rechenprogramm von J. Rußow besorgt, welches nach Eingabe der geometrischen Daten des Flugmodells die gewählte Schwerpunktslage überprüft und mit der Empfehlung eines Schwerpunktsbereiches endet. Beim Doppeldecker sind die aerodynamischen Verhältnisse durch die gegenseitige Beeinflussung der beiden Flügel etwas komplizierter, so daß eine exakte Rechnung sehr viel mehr Aufwand bedeuten würde. Daher möchte ich im folgenden den Versuch machen, die Bestimmung der sicheren Schwerpunktslage möglichst einfach zu gestalten.

Anhand einer Dreiseiten-Ansicht eines Doppeldeckers erkennt man die wichtigsten Parameter einer



Die »Weeks Solution« des Autors, ein typisches Beispiel für eine mögliche Konstellation: untere und obere Fläche gepfeilt, geringe Staffelung

Doppeldecker-Anordnung. Es sind dies die Höhenstaffelung (h), die Staffelung in Rumpflängsrichtung und die unterschiedlichen Einstellwinkel und Grundrisse der Flügel. Bei einem der modernen Doppeldecker wie dem »Ultimate 10-300« sind Ober- und Unterflügel identisch und haben den gleichen Einstellwinkel. Dadurch wurden viele negative Auswirkungen schon bei der Konstruktion ausgeschlossen.

Wie beeinflussen sich nun die beiden Flügel? In Bild 1 ist ein ungestaffelter Doppeldecker mit gleichen Flügelseinstellwinkeln dargestellt. Die Zirkulationen der normalerweise ungestörten Strömung am Flügel, deren Stärke ein direktes Maß für den Auftrieb ist, überlagern sich. Anhand der Richtung der Zirkulationen erkennt man, daß am Ort des Oberflügels eine Erhöhung und am Ort des Unterflügels eine Verringerung der örtlichen Anströmgeschwindigkeit entsteht. Diese Veränderung der Anströmgeschwindigkeit bewirkt eine Vergrößerung des Auftriebs des Oberflügels und eine Reduzierung am Unterflügel.

Diese unterschiedliche Verteilung des Gesamtauftriebs wird ebenfalls durch eine Tiefenstaffelung und die Schränkung der Flügel zueinander beeinflusst, Bild 2.

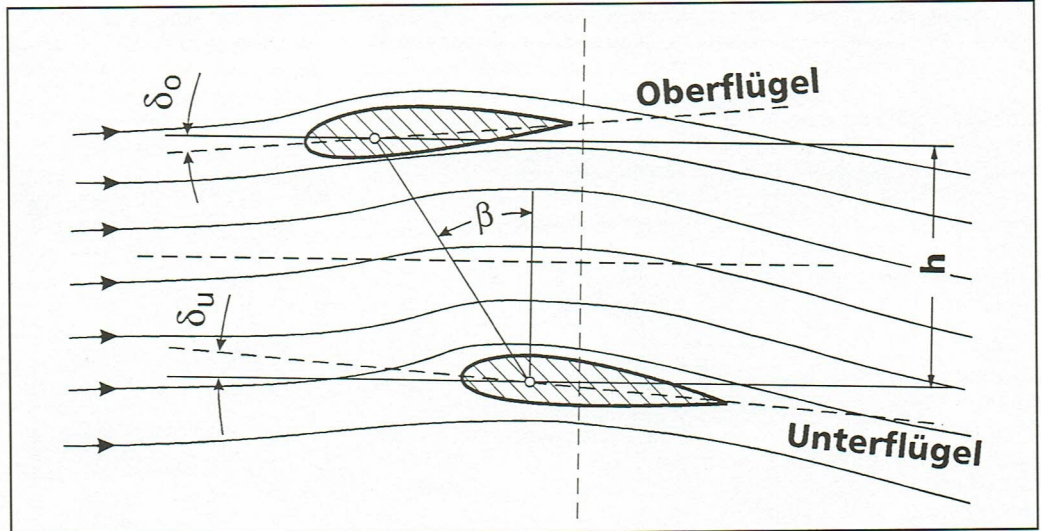


Bild 2: Staffelung und Schränkung beim Doppeldecker

Doppeldecker Ultimate 10-300 ▶

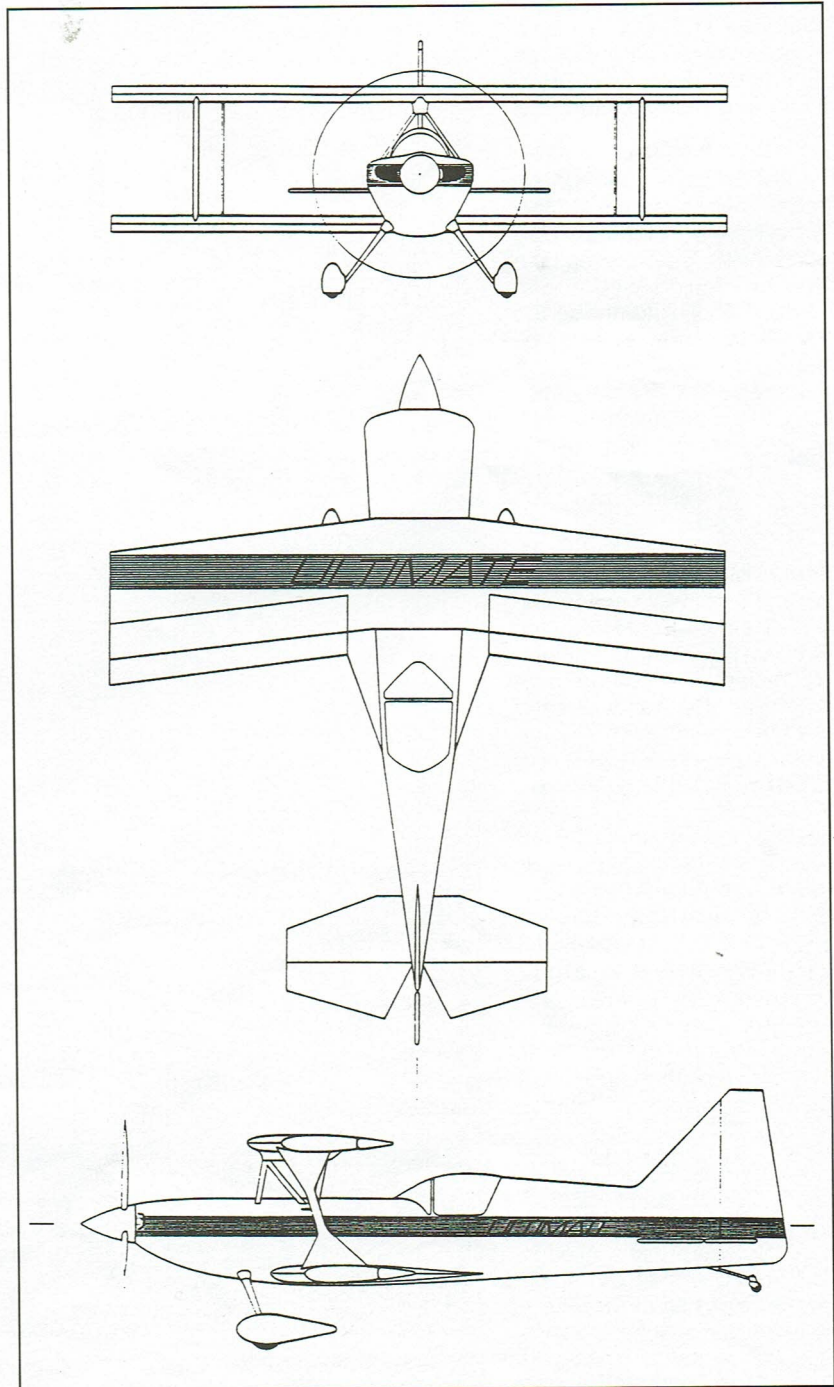
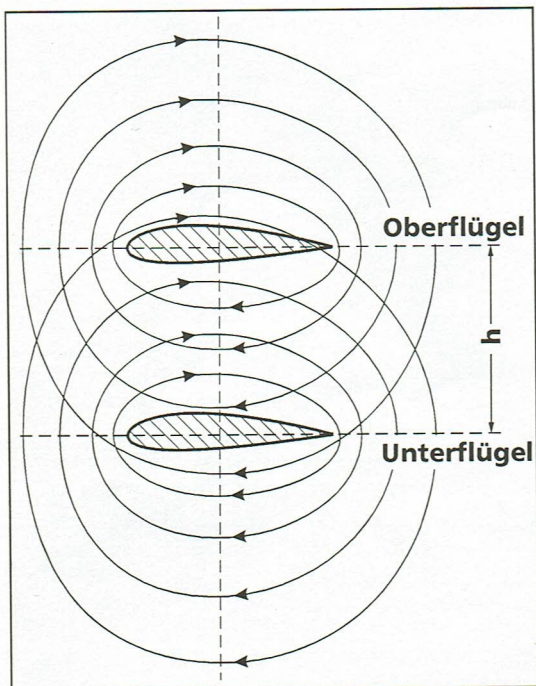


Bild 1: Gegenseitige Zirkulationsbeeinflussung beim Doppeldecker ▼



Je größer der Staffelungswinkel β ist, umso größer wird neben der Geschwindigkeitserhöhung auch die örtliche Richtungsänderung der Anströmung am Oberflügel. Der Anströmwinkel am Oberflügel wird erhöht, und die Verteilung des Auftriebs zwischen Ober- und Unterflügel wird noch ungünstiger.

Für Doppeldecker, die hauptsächlich in Normalfluglage fliegen, wie es zu Zeiten ihrer starken Verbreitung im 1. Weltkrieg war, kann dieser Effekt durch eine Verringerung des Einstellwinkels des Oberflügels für eine Auslegungsgeschwindigkeit beseitigt werden. Im Rückenflug hatte diese konstruktive Maßnahme dann jedoch den umgekehrten Effekt, da dann der Oberflügel hinter dem Unterflügel liegt.

Haben Ober- und Unterflügel neben einer unterschiedlichen Flügelpfeilung auch noch unterschiedliche Spannweiten, wird das Ganze noch komplizierter. Wir wollen uns im folgenden auf die wichtigsten Faktoren wie Höhenstaffelung und Spannweitenunterschiede beschränken, die zu einer unterschiedlichen Lastverteilung zwischen den Flügeln führen.

In Bild 3 ist der prozentuale Auftriebsanteil des Unterflügels am Gesamtauftrieb in Abhängigkeit vom Flügelabstandsverhältnis h/b_o und dem Spannweitenverhältnis der beiden Flügel b_u/b_o aufgetragen. Bei einem Flügelabstandsverhältnis von 0,2 und einem Spannweiten-Verhältnis von 0,9 übernimmt z.B. der Unterflügel nur 40 % des Gesamtauftriebs. Die restlichen 60 % werden vom Oberflügel übernommen, obwohl er nur 10 % mehr Spannweite aufweist.

Diese etwas längere Vorbetrachtung war nötig, um mit der üblichen zeichnerischen Ermittlung der Neutralpunkte der Einzelflügel zu dem Gesamtflügel-Neutralpunkt zu kommen. Legt man den Schwerpunkt in den Flügelneutralpunkt, so fliegt man bekanntermaßen mit einer vorderen Schwerpunktlage immer auf der sicheren Seite. Durch das Höhenleit-

werk wandert der Flugzeugneutralpunkt, also der Punkt mit neutraler Stabilität und absolut hinterster Schwerpunktlage, weiter nach hinten. Die optimale Schwerpunktlage befindet sich zwischen Flügel- und Flugzeugneutralpunkt.

In Bild 4 ist die zeichnerische Methode zur Ermittlung des Gesamtflügelneutralpunktes dargestellt. Dazu benötigt man die Lage der Einzelneutralpunkte von Ober- und Unterflügel. Um die Zeichnung etwas übersichtlicher zu gestalten, ist die Tiefenstaffelung der Flügel vergrößert wiedergegeben. Am Grundriß des Oberflügels wird die Flügeltiefe t_{oi} am Randbogen von der Flügelvorderkante nach vorn gezeichnet und die Randbogentiefe t_{oa} im Flügelmittenschnitt nach hinten angetragen. Die Verbindungslinie der Endpunkte dieser Strecken schneidet sich mit der Tiefen-Mittellinie des Flügels in einem Punkt. An dem 25 %-Punkt dieser örtlichen Flügeltiefe in diesem Flügelschnitt liegt der Neutralpunkt des Oberflügels.

Führt man für den Unterflügel das gleiche Verfahren

durch, so sind die beiden Neutralpunkte der Einzelflügel bekannt. Die Lagen dieser beiden Punkte müssen nun entsprechend der aus Bild 3 ermittelten Lastverteilung gewichtet werden. Die Länge der Verbindungsstrecke zwischen den N_{25_o} und N_{25_u} wird prozentual so geteilt, daß der Prozentanteil

des Unterflügels von N_{25_o} nach hinten angetragen wird. Das ist die Position des Gesamtflügelneutralpunktes. Man kann diese Position auch auf die Rumpfmittellinie loten.

An dieser Stelle wird klar, wie wichtig die Kenntnis der Lastverteilung von Ober- und

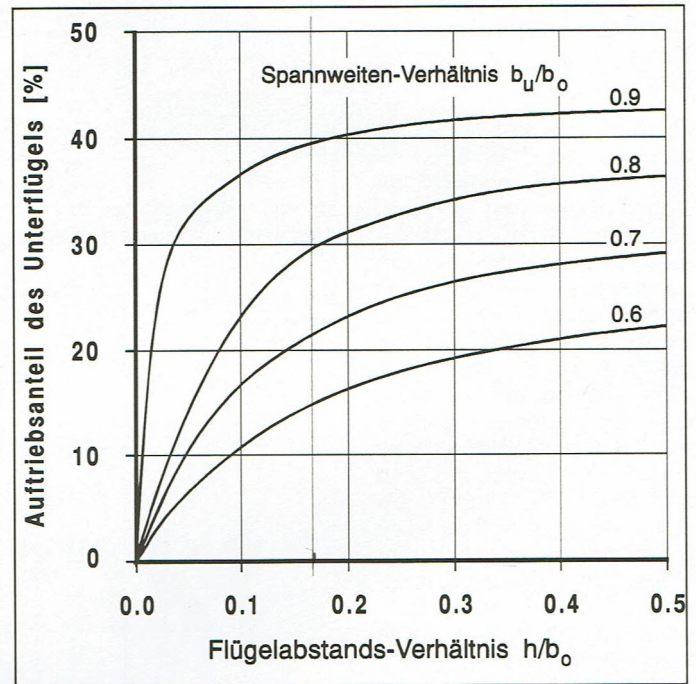


Bild 3: Einfluß des Spannweiten- und Flügelabstands-Verhältnisses auf die Lastverteilung beim Doppeldecker

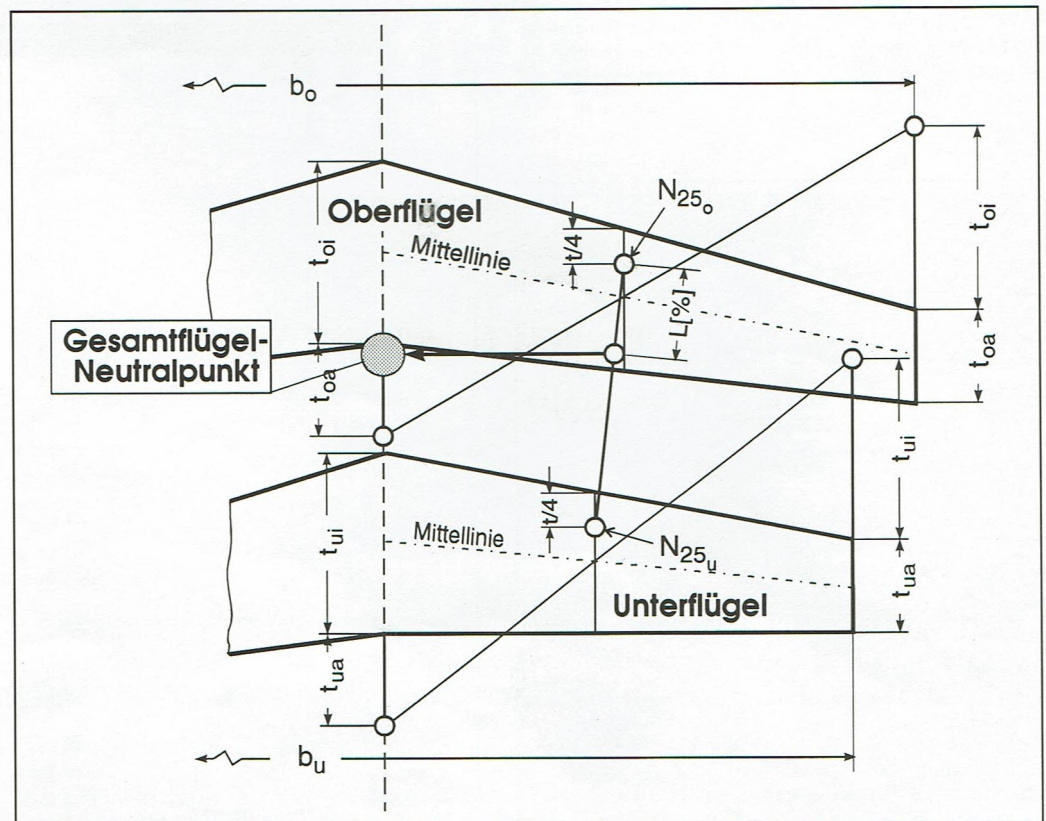
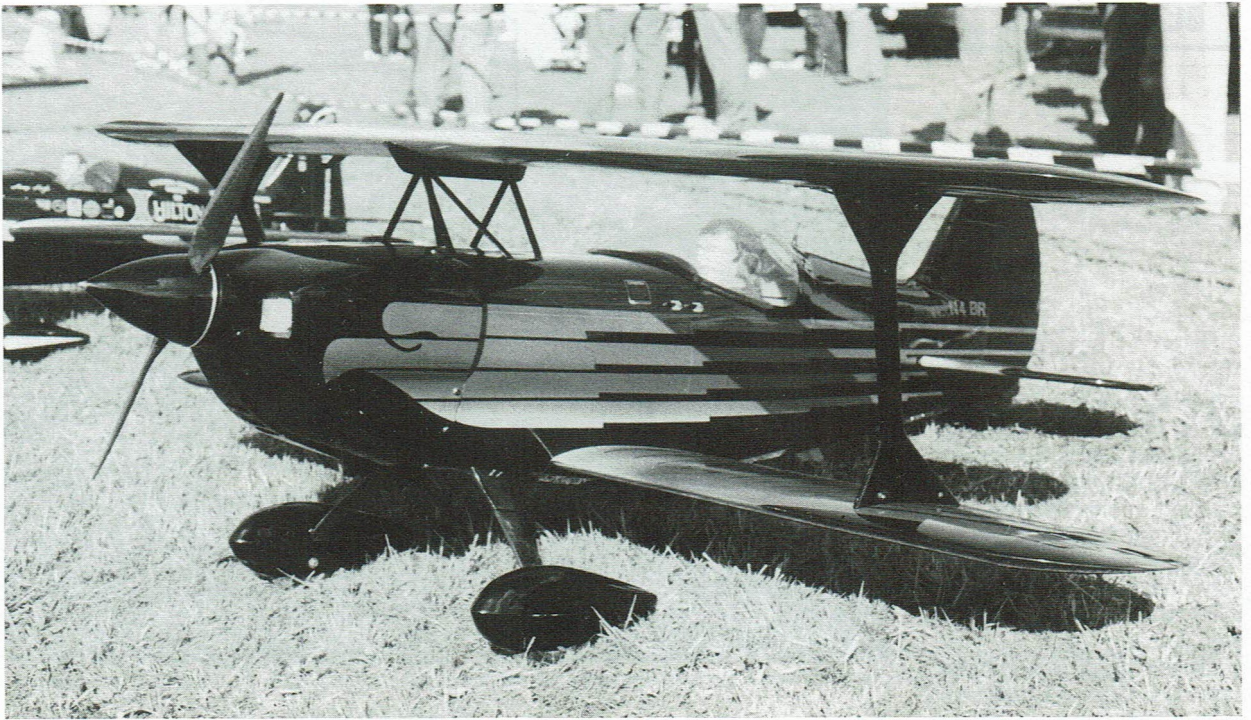


Bild 4: Ermittlung des Gesamtflügel-Neutralpunktes beim Doppeldecker



**»Christen Eagle«-
Flächen-
geometrie,
untere Fläche
gerade, obere
gepfeilt,
geringe
Staffelung**

Unterflügel ist. Obwohl z. B. bei der »Ultimate« beide Flügel identisch sind, liegt der Neutralpunkt beider Flügel nicht auf der Mitte zwischen N_{25_o} und N_{25_u} , sondern weiter vorne.

Um die hintere Lage des Flugzeugneutralpunktes unter Berücksichtigung des

Höhenleitwerks zu bestimmen, kann man nun mit dem oben erwähnten Rechenprogramm einen Eindecker untersuchen, dessen Flügel die Spannweite des Oberflügels hat, jedoch als Tiefe die Summe der Tiefen von Ober- und Unterflügel. Dieser „Ersatzflügel“ muß so positioniert werden, daß der

Neutralpunkt des Ersatzflügels und des Doppeldeckers identisch sind.

Durch die relativ geringen Hebelarme und Flächen der Höhenleitwerke bei Doppeldeckern ergibt sich dabei nur eine geringfügige Verschiebung des optimalen Schwerpunkts hinter den

nach dem obigen Verfahren ermittelten Gesamtlügel-Neutralpunkt. Die endgültige Lage des Schwerpunkts wird man wie auch beim Eindecker im Flugversuch ermitteln können, jedoch ist man mit der obigen Schwerpunktlage im Gesamtlügelneutralpunkt vor Überraschungen sicher.