

Nurflügler

Artur P. Schmidt 17.11.1998

Verkehrsmittel des kommenden Milleniums?

Heutige Flugzeugkonstruktionen, sogenannte Schwanzflugzeuge, basieren auf Flugzeugen mit einem Rumpf für die Passagiere, einem Tragflügel für den Auftrieb und einem Leitwerk für die Aufrechterhaltung der Flugstabilität. Da jedoch der Rumpf vor allem Widerstand und das Höhenleitwerk bezogen auf das Gesamtsystem Abtrieb erzeugt, ist es eine naheliegende Idee, beide in den Flügel zu integrieren, d.h. ein schwanzloses Flugzeug, auch Nurflügler (im engl. Flying Wings) genannt, zu designen und so insgesamt ein höheres Auftriebs-/Widerstandsverhältnis zu erhalten.



Stingray bei Flugerprobung

Während beim Schwanzflugzeug die Flugleistung vom Flügel und die Nicksteuerung sowie die Längsstabilität vom Leitwerk bewerkstelligt wird, muß ein schwanzloses Flugzeug alle drei Aufgaben mit dem Flügel erzielen. Die Integration des Leitwerks in den Flügel wird hierbei durch sogenannte S-Schlag-Profile ermöglicht. Bei den Nurflüglern, deren Strukturen auf die Tragfläche konzentriert sind, lassen sich rückwärts gepfeilte (von denen nachfolgend die Rede ist), ungepfeilte (sogenanntes fliegendes Brett) und vorwärts gepfeilte Flugzeuge unterscheiden. Hierbei sind die Übergänge jedoch oftmals fließend, da es reine Nurflügler, Quasi-Nurflügler wie Lifting Bodies (auftriebserzeugende Rümpfe) und Schwanzflugzeuge mit Deltaflügel (z.B. die Concorde) gibt.

Nurflügler faszinieren besonders wegen der Ästhetik des Designs. Allerdings erfordert das Design von schwanzlosen Flugzeugen wegen der Komplexität der Strömungsverhältnisse, ein besonderes Augenmerk auf die integrale 3-dimensionale Optimierung des Tragflügels zu legen.

Bereits 1901 absolvierte Gustav Weisskopf, der in die USA ausgewanderte Helfer Otto Lilienthals, mit einem Quasi-Nurflügler, der einer Fledermaus nachempfunden war, den ersten bemannten Motorflug der Welt (2 Jahre vor den Gebrüder Wright). 1903 wurde von Karl Jatho ein Nurflügler als Doppeldecker realisiert, dem er die Umrißform des Zanonias gab. Bei diesem Konstruktionsprinzip aus der Natur, wird am Flügelende ein anderes Profil gewählt, um dort die Abreißgefahr der Strömung zu reduzieren (Flügelstränkung).

Die Vorteile von Nurflüglern gegenüber Schwanzflugzeugen bestehen vor allem in einem geringen Widerstandsbeiwert, einer höheren Kurvenstabilität, einem leichteren Einbau von frei abstrahlenden Turbinen oder Druckpropellern, einer hohen Sicherheit gegenüber dem Spiralsturz sowie einem geringeren konstruktiven Aufwand. Flugeigenschaftsprobleme wie das Abkippsverhalten oder die Trudelneigung von Nurflüglern können - bei Akzeptanz von Flugleistungseinbußen - durch eine nach vorn verlagerte Schwerpunktlage verbessert werden.

Von Junkers zu Horten

Im Jahr 1910 ließ sich der deutsche Luftfahrtkonstrukteur Hugo Junkers die Idee patentieren, das für ein Flugzeug notwendige Volumen nahezu vollständig im Flügel unterzubringen (sogenanntes Volumen-Patent). Hätte der Engländer John W. Dunne in seinem Doppeldecker ohne Schwanz, den er im selben Jahr in den USA baute, an den Flügelenden ein anderes Profil gewählt als in der Flügelmitte, wäre sein Flugzeug nicht instabil geworden - und womöglich wäre dann heute nicht der Nurflügler, sondern das Schwanzflugzeug ein Außenseiter beim Flugzeugdesign. Wichtige Nurflügelpioniere waren der in Genf geborene Alexander Soldenhoff, dessen erster Nurflügler, die A1, 1927 ihren Erstflug hatte, sowie Alexander Lippisch, der 1930 die Delta I konzipierte und während des 2. Weltkrieges für das Design des revolutionären schwanzlosen Raketenjagdflugzeugs Messerschmitt 163 Komet verantwortlich war.





Erprobungsträger für das Starten aus dem Stand

Die Ideen des Nurflüglers am weitesten weiterentwickelt haben die Gebrüder Reimar und Walter Horten [1]. Sie bewiesen, daß derartige Flugzeuge eine hervorragende Langsamflugeigenschaft und Steuerbarkeit besitzen. 1933 bauten und erprobten sie ihr erstes Nurflügelflugzeug, die Horten I. Während des 2. Weltkrieges konstruierten die Luftfahrtpioniere sowohl Hochleistungssegelflugzeuge als auch Motorflugzeuge basierend auf dem Nurflügel-Prinzip. Da die Flugzeuge vorwiegend aus Holz gebaut wurden, hatten sie den Vorteil, für das feindliche Radar nahezu unsichtbar zu sein.

Noch vor Kriegsende ging mit der Ho-IX, der erste zweistrahlige Nurflügel-Jagdbomber in die Flugerprobung. Pläne für den Bau eines Überschall-Kampfflugzeuges, die Horten HXIIIb, lagen ebenfalls vor, konnten jedoch wegen des nahenden Kriegsende nicht mehr realisiert werden. Im Jahr 1960 wurde von Horten schließlich in Argentinien das äußerst leistungsfähige Frachtflugzeug I. Ae. 38 entwickelt, das jedoch wegen überzogener Forderungen des argentinischen Militärs nicht zum Serieneinsatz kam.

Burnelli- und Northrop-Flugzeuge

Die amerikanischen Flugzeugpioniere Burnelli und Northrop haben ebenso wie Horten ihr Leben den Nurflügelflugzeugen gewidmet. Der Texaner Vincent J. Burnelli designte Quasi-Nurflügler, deren besonderes Merkmal eine starke Verbreiterung des Rumpfes war - sogenannte Lifting Bodies. Mit der RB-2 entwarf er 1929 das damals größte Luftfrachtflugzeug der Welt. Sein fortschrittlichstes Modell war die UB-14 aus dem Jahr 1935, deren Lifting Body für 50 % des Auftriebs verantwortlich war und 14 Passagiere befördern konnte. Burnellis Nurflügel-Design von 1951, das heute in leicht veränderter Form sowohl von Boeing als auch von Airbus übernommen wurde, gab schon damals eine bemerkenswerte Vision für den Flugzeugbau des kommenden Millenniums. Der letzte Flugzeugentwurf vor seinem Tod im Jahre 1964, war die GB-888A, ein Großraum-Überschallverkehrsflugzeug.



Pneumatische Landehilfen

Mit der N-1M bewies Northrop 1939 dem amerikanischen Militär die Flugfähigkeit von Nurflüglern. Als Northrop während des Krieges mit dem Bau eines Interkontinental-Bombers, der XB/YB-35, mit über 10.000 Meilen Reichweite beauftragt wurde, schien sich sein Traum vom Durchbruch der Nurflügelflugzeuge zu erfüllen. Ein Mangel an Ingenieuren und geeigneten Produktionsstätten sowie Probleme mit Triebwerkslieferanten und die aufkommenden Jet-Triebwerke stoppten jedoch dieses ehrgeizige Projekt. Zwar wurde basierend auf den YB-35-Rümpfen mit der YB-49 eine Turbinen-Version des Bombenflugzeuges entwickelt, das eine Strecke von 3.500 Meilen in 15 km Flughöhe zurücklegen konnte, jedoch führten Vibrationsprobleme zur endgültigen Einstellung des Projektes, das der damaligen Zeit weit voraus war.

Es dauerte 30 Jahre, bis mit dem B2-Bomber von Northrop-Grumman die Anforderungen der Militärs sich mit den Charakteristika von Nurflüglern in Einklang bringen ließen. Nach einem achtjährigen Testprogramm hatte der erste Stealth-Bomber [2] im Juli 1989 seinen Jungfernflug. Der B2-Bomber war das erste vollständig mit Virtueller Realität designte und simulierte Flugzeug, wodurch die Sicherheit bei der Flugerprobung auf ein neues Niveau angehoben

werden konnte. Mit der B-2 Sprit wurde die Reichweite mit circa 6.000-7.000 Meilen gegenüber der YB-49 nahezu verdoppelt und die Zuladung um etwa 20 % gesteigert. Durch die große Spannweite des Flugzeuges, die jedoch gegenüber der YB-49 gleichgeblieben ist, kann ein derart hoher Bodeneffekt erzielt werden, daß sich das Flugzeug nahezu von selbst landen läßt.

Time for Innovation

Die Geschichte der zivilen Verkehrsluftfahrt zeigt, daß sich immer nur dann Innovationen zu Basisinnovationen verdichten, wenn es gelingt, diese in intelligenter Weise zu verknüpfen. Der Erfolg der DC-3 sowie des Strahlverkehrsflugzeuges Boeing 707 sind Beleg dafür, daß ein Nurflügler nur dann bisherige Verkehrsflugzeuge substituieren kann, wenn eine Synthese von Innovationen zu drastischen Produktivitätssteigerungen führt. Bei der DC-3 kamen nachfolgende 5 Innovationen zusammen: das Einziehfahrwerk, der verstellbare Propeller, radiale luftgekühlte Motoren, Leichtbaustrukturen für den Rumpf sowie Landeklappensysteme für die Flügel.



Stingray - das erste pneumatische Flugzeug der Welt

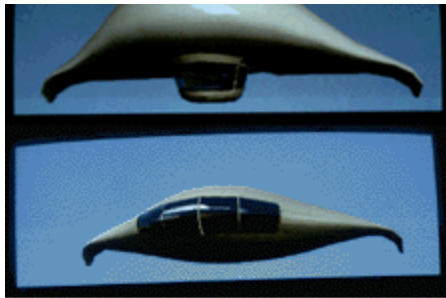
Zukunftsweisende Innovationen sind heute durch die Anwendung von Flying Wings (aerodynamisches Alternativ-Konzept), neuer Materialtechnologien (ultraleichte Strukturen), flexibler Flügel (bionische Strukturen), integrierter Auftriebsgase (Helium, Nutzung der Abgaswärme), neuer Prozesse (pneumatische Steuerung), ökologischer Treibstoffe (Wasserstoff und Biogas), neuartiger Startverfahren (Zero Rolling Distance Takeoff) sowie Virtual Prototyping (Computer Aided Design, Simulationen) gegeben. Die Folge der intelligenten Verknüpfung sind eine deutliche Reduzierung der Entwicklungskosten und -zeiten, der direkten Betriebskosten sowie eine wesentliche Steigerung der Produktivität von Flugzeugen in Bezug auf Sitzplatzkapazität und Reichweite bzw. des Energieverbrauchs.

Eine Lockheed-Studie aus den 70er Jahren zeigt, daß nach Festlegung einer bestimmten Basistechnologie etwa 4/5 der erzielbaren Produktivitätssteigerungen auf Kapazitätserhöhungen und nur etwa 1/5 auf technologische Verbesserungen zurückzuführen sind. Gerät eine bestimmte Basistechnologie an Leistungsgrenzen, wie es sich bei heutigen Verkehrsflugzeugen abzeichnet, wird eine neue Basistechnologie immer wahrscheinlicher. Da Überschallflugzeuge außer den Lärmproblemen auch erhebliche ökologische Problemstellungen aufweisen, könnte es in der Tat dazu kommen, daß der nächste Basistechnologiewechsel nicht allein durch die Erhöhung der Geschwindigkeit, sondern vor allem durch intelligente Systeme, Strukturen und Werkstoffe eingeleitet wird. Da die Streckbarkeit und Erweiterbarkeit der bestehenden Technologien immer mehr an ihr Limit gerät, würde bei deren Beibehaltung nur die Erhöhung der Transportgeschwindigkeit die Produktivität deutlich erhöhen. Einen Ausweg aus diesem Dilemma liefern nur neuartige Flugzeuge, die neben einer drastischen Produktivitätssteigerung im Rahmen des Substitutionsprozesses auch nachfolgend jährliche Steigerungsraten der Produktivität von 4,5 bis 5 % versprechen (vgl. Schmidt, A. P.: Entwicklungstrends der Verkehrsflugzeugbranche, Bern 1992, S. 94-102).

Nach Angaben des ehemaligen technischen Direktors der Swissair, Gottfried von Meiss, wurde bereits 1974 bei Boeing an einem Quasi-Nurflügler mit der internen Bezeichnung 754 gearbeitet, welcher der 767 deutlich überlegen war und mehr als die doppelte Nutzlast hätte befördern können. Das heutige Nurflüglerkonzept von Boeing - der Blended Wing-Body (BWB) Jet (ein Begriff der von McDonnell Douglas eingeführt wurde) - hat bei sonst nahezu identischen Auslegungsdaten die doppelte Passagierkapazität und mit 7.000 Meilen eine um 20% höhere Reichweite als eine Boeing 747-400.

Ähnliche Spezifikationen weist auch der Entwurf von Aerospatiale mit einer Reisegeschwindigkeit von Mach 0.85 und einer Reichweite von bis zu 8.000 Meilen aus. Damit ein Flugzeugprojekt zu einem technologischen Erfolg wird, müssen diese Produktivitätssteigerungen im Einklang mit dem Luftverkehrswachstum erfolgen. Eine positive Folgewirkung hiervon ist jedoch, daß wesentlich weniger Flugzeuge für die Bewältigung des Verkehrsaufkommens benötigt werden als bisher prognostiziert. Dies wiederum würde dazu beitragen, den Luftverkehr, der sich bis zum Jahr 2015 verdreifachen soll, sicherer zu machen. Es ist vor allem eine erhöhte Sicherheit der Nurflügler und die Plausibilität der Innovationen, die von elementarer Bedeutung für den kommerzieller Erfolg der Technologie ist.





Vision eines Nurflügler-Zeppelins

Die Flugeigenschaften von Nurflüglern hängen ganz wesentlich von der Schwerpunktlage ab. Deren Optimierung stellt jedoch für computergestützte Flugsteuerungssysteme, wie dem Advanced Flight Control System beim BWB-Konzept, kein Problem dar. Heutzutage läßt sich durch intelligentes Treibstoff-Management, bei dem der Treibstoff computergestützt umgepumpt werden kann, die Schwerpunktlage für den Flug variieren. Darüber hinaus ist wegen des geringeren Widerstandes von Nurflüglern deren Treibstoffeffizienz deutlich höher, wodurch geringere Schadstoffemissionen erreicht werden können. Da der Treibstoff in den äußeren Bereichen des Flügels untergebracht werden kann, sind Passagiere im Falle eines Crashes besser vor Kerosin geschützt.

Ein weiterer wichtiger Vorteil von Nurflüglern ist, daß sich bei diesen leichter als bei bisherigen Flugzeugen Tanks des zukünftigen Energieträgers Wasserstoff integrieren lassen. Nurflügler erlauben neben einer besseren Abschirmung der Menschen am Boden vom Fluglärm, auch eine verbesserte Nutzung des Raumangebotes an Flughäfen. Insbesondere für den Transport von größeren Lasten, dürfte sich der Einsatz von Cargo-Nurflüglern wesentlich besser eignen als Groß-Zeppeline, wie der in Deutschland propagierte Cargo-Lifter. Wegen der geringen direkten Betriebskosten, der besseren Infrastrukturvoraussetzungen an Verkehrsflughäfen, der größeren Nutzlasten sowie deren Unterbringung nahe dem Schwerpunkt sind Nurflügler nicht nur heutigen Transportflugzeugen, sondern auch den wind- und wetterabhängigen Zeppelin, die Ballast mitführen müssen und ständig Trimmprobleme haben, deutlich überlegen.

Neue Flugzeugkonzepte

Der Schweizer Erfinder Andreas Reinhard von Prospective Concepts [3], hat mit dem an einen Rochen erinnernden Forschungsträger Stingray, dessen Entwicklung vom Esslinger Technologiekonzern FESTO finanziert wurde, ein Flugzeug designt, daß den Nurflügler, der "schwerer als Luft" ist, mit den Vorteilen der Technologie "leichter als Luft" der Ballone und Zeppeline verbindet. Heute verfügbare leichte Fasergewebe mit extrem hoher Zugfestigkeit ermöglichen es, das Medium Luft sowie bionische Prinzipien in der Luftfahrt zu nutzen. Dadurch lassen sich zukünftig neue Lösungen für die vom Areodynamiker Ludwig Prandtl formulierten drei Probleme der Tragflügeltheorie - die Flügelform, die Auftriebsverteilung sowie die Auftriebsverteilung bei dem geringsten induzierten Widerstand - finden und optimieren. Durch die Nutzung neuartiger Flüssigkristall-Polymerfasern (mit einer zehnfachen Festigkeit von Stahl) kann das für die Luftfahrt so entscheidende Verhältnis von Festigkeit zu Gewicht enorm gesteigert werden. Die Nutzung der Änderung des Innendruckes der Flügelflächen zur Steuerung des Flugzeugs hat das Potential, den gesamten Flugzeugbau zu revolutionieren.

Die Anwendung pneumatischer Muskel im Rahmen des Flügeldesigns ermöglicht, das gesamte Flugzeugdesign zu optimieren und den konstruktiven Aufwand erheblich zu verringern. Neben verbesserten Flugeigenschaften wird hierdurch auch ein geringeres Strukturgewicht und eine homogenere Lastverteilung ermöglicht. Wegen des großen Volumens des Nurflüglers eignen sich pneumatische Flügel bei Großflugzeugen zur Füllung mit Helium anstatt mit Luft. Durch den zusätzlichen Auftrieb ist es denkbar, nicht nur die Start- und Landestrecken zu verkürzen, sondern auch die Treibstoffeffizienz weiter zu verbessern. Da bereits ohne Nutzung der Pneumatik 25 - 30 % weniger Treibstoff als mit Schwanzflugzeugen benötigt wird, könnte durch deren intelligente Nutzung sogar eine Treibstoffeinsparung von bis zu 40 % gegenüber konventionellen Flugzeugen erzielt werden.

Betrachtet man die erheblichen Entwicklungspotentiale, die noch in Nurflüglern stecken, so könnte es durchaus sein, daß der europäische A3XX um circa 10 Jahre zu spät kommt und Airbus besser die notwendigen 15 Mrd US-\$ Entwicklungskosten in ein ökologieorientiertes Flying-Wing-Konzept investieren sollte.

Artur P. Schmidt: Sind selbst die sichersten Airlines nicht mehr sicher? [4]

Links

[1] http://www.fva.rwth-aachen.de/projekte/horten_idee.html

[2] <http://www.bangalorennet.com/system1/chungw/sbpage.html>

[3] <http://www.prospective-concepts.ch/>

[4] <http://www.telepolis.de/r4/artikel/2/2452/1.html>

Telepolis Artikel-URL: <http://www.telepolis.de/r4/artikel/2/2531/1.html>

Copyright © Heise Zeitschriften Verlag