

Der Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß von Flugkörpern

Betaneli, A. J.

Mit der Technischen Universität in Tbilissi, Georgien, besteht ein langjähriger Kontakt, der ursprünglich den Bereich der Spannungsoptik betraf, der sich aber in letzter Zeit auf einen Austausch von Erfahrungen im methodischen Konstruieren erweiterte. Der folgende Aufsatz behandelt die Anwendung konstruktionsmethodischer Vorgehensweisen auf den Bau von Flugzeugen, in dem die Universität Tbilissi eigene Erfahrungen aufweist. Im nächsten Jahr wird der Kontakt zu Tbilissi vertieft durch den Aufenthalt eines Gastwissenschaftlers und eines Studenten in Clausthal.

This contribution from our colleagues from the Technical University of Tbilissi, Georgia, bases on a already long time lasting cooperation of our Universities, initially in the area of fotoelasticity, but now more and more in an exchange of experience in the field of methodical design - the paper shows an application of VDI 2221 on the design of aeroplanes. During the next year, we will strengthen our collaboration by the visit of Georgian scientists in Clausthal.

1 Einleitung

Beim Entwickeln und Konstruieren technischer Produkte muß eine Vielzahl unterschiedlicher Probleme gelöst werden. Es liegt deshalb nahe, das Vorgehen bei einem allgemeinen Problemlösungsprozeß auch auf den Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß zu übertragen. Das systemtechnische Vorgehensmodell als Problemlösungsmethodologie für künstliche Systeme gliedert zunächst den zeitlichen Werdegang eines Systems vom Abstrakten zum Konkreten in Lebensphasen [1]. Das Vorgehensmodell ist ein konsequentes aufeinanderfolgendes Tätigkeitsschema für die optimale Organisation des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses.

Nach VDI 2221 wird der Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß in generelle Arbeitsschritte (Phasen zunehmender Konkretisierung = Konstruktionsphasen), die das Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren

überschaubar, rational und branchenunabhängig machen, eingeteilt. Das Gesamtverfahren wird in sieben Arbeitsschritten gegliedert, aus denen entspre-

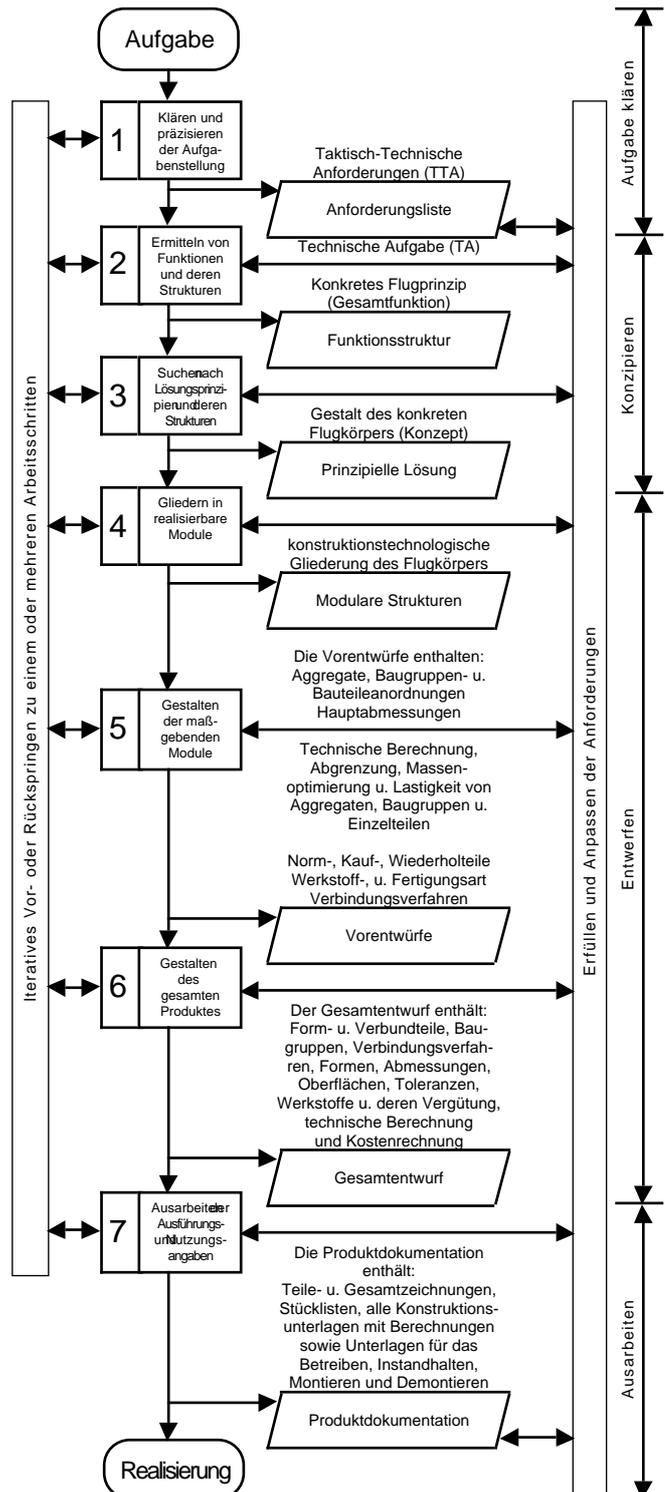


Bild 1: Vorgehensmodell zum Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß von Flugkörpern

chend sieben Arbeitsergebnisse hervorgehen. Diese Arbeitsschritte werden je nach Aufgabenstellung vollständig, nur teilweise oder mehrfach iterativ durchlaufen. Die Arbeitsschritte können je nach Branche und Erfahrung zu einzelnen Entwicklungs- oder Konstruktionsphasen zusammengefaßt werden, an denen sich auch terminliche und organisatorische Abläufe orientieren /1/.

Der Verfasser hat nach /2/ ein Vorgehensmodell zum Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß von Flugkörpern erarbeitet (**Bild 1**).

2 Vorgehensmodell zum Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß von Flugkörpern

Arbeitsabschnitt 1

Arbeitsschritt 1:

Die Markt-/Kundenbedürfnisse müssen (Flugverkehrsleistung, Raumfahrtprogramme, Umweltschutzbeschränkungen, usw.) durch Anwendung konventioneller (Normwesen, Recherchen, systematische Aufbereitung von Wissen) und rechnergestützter (Makrobibliotheken, Datenbanksysteme, Expertensysteme) Informationssysteme festgelegt werden.

Arbeitsergebnis 1:

Die Anforderungsliste muß man als taktisch-technische Anforderung (TTA) formulieren. Dann kann man die technische Aufgabe (TA) feststellen.

Arbeitsabschnitt 2

Arbeitsschritt 2:

Der Flug ist die Hauptfunktion des Flugkörpers. Hierüber bestimmt man in erster Linie das Flugprinzip.

Das Flugprinzip kann man durch die Machzahl

$$M = \frac{v}{a}$$

(v: Fluggeschwindigkeit; a: Schallgeschwindigkeit)

und Atmosphärenhöhe H, bei welcher der Flug durchgeführt wird, bestimmen /3/. In der Troposphäre (H= 0÷11km) ist es möglich den Flug mit Unterschallgeschwindigkeiten ($M < 1$), Transschallgeschwindigkeiten ($M \approx 1$) und Überschallgeschwindigkeiten ($M > 1$) durchzuführen. Entsprechend sind für Troposphäre aerostatische (Luftballon, Luftschiff), aerodynamische

(Flug mit Luftschraubenantrieb (Hubschrauber)) und auf reaktiven (Flugzeuge mit Strahlantrieb) Flugprinzipien gegründete Flugkörper möglich. In der Stratosphäre (H = 11 bis 50 km) sind aerostatischer (Stratosphärenballon) und reaktiver (Hyperschallflugzeug ($M = 4 \div 9$) mit Raketenantrieb) Flug möglich. Die Flugprinzipien bestimmen den Flugkörper. Ein Kosmoflugzeug ($M < 20$) mit Raketenantrieb kann in den kosmischen Orbit (H= 150 ÷ 500 km) eine Nutzlast transportieren. Der Raumflug eines Raumfahrzeuges ist an das ballistische Flugprinzip gebunden. Jedoch muß am Anfang und am Ende der Bahn das reaktive Flugprinzip verwirklicht werden.

Arbeitsergebnis 2:

Die Funktionsstruktur muß man als konkretes Flugprinzip (Gesamtfunktion) formulieren.

Arbeitsabschnitt 3

Arbeitsschritt 3:

Ausgehend von bestimmten Flugprinzipien kann durch Anwendung konstruktionssystematischer Methoden zur Lösungsfindung (intuitive, diskursive, u.a.) eine Vielfalt möglicher Lösungsprinzipien und Verknüpfungen selbiger erzeugt werden. Aus der damit erzeugten Vielfalt von Konzeptvarianten muß nach einer technisch-wirtschaftlichen Bewertung das günstigste Konzept (Lösungskonzept) ausgewählt werden. So kann man konkret den Flugkörper (Luftballon, Luftschiff, Stratosphärenballon, Flugzeug, Hubschrauber, Kosmoflugzeug, Raumfahrzeug usw.) festlegen.

Arbeitsergebnis 3:

Das Konzept ist die Gestalt des konkreten Flugkörpers (Konzeptentwurf).

Arbeitsabschnitt 4

Arbeitsschritt 4:

Strukturieren des Flugkörpers in gestaltungsbestimmende und abhängige Hauptfunktionsträger (Aggregate, Module, Baugruppe, Einzelteile)

Arbeitsergebnis 4:

Die Baustruktur muß man als konstruktionstechnologische Gliederung (KTG) darstellen.

Arbeitsabschnitt 5

Arbeitsschritt 5:

Die gegenseitige und räumliche Anordnung des Flugkörpers (Konstruktionsaufbau des Flugkörpers) wird festgelegt. Der Konstruktionsaufbau von Flugzeugen, Kosmoflugzeugen, Raumfahrzeugen ist möglich durch die Anwendung von CAD-Systemen. Norm-, Kauf-, Wiederhohlteile müssen gesucht, und Werkstoffsorten festgelegt werden. (Falls notwendig muß man Faserverbundwerkstoffe anwenden). Für Hyperschallflugzeuge, Kosmoflugzeuge und Raumfahrzeuge muß man auf die Notwendigkeit eines Wärmeschutzsystemes achten. Das Triebwerk und die Fluganlage wird anschließend bestimmt. Nachfolgend werden die aeromechanische- und Festigkeitsrechnung durchgeführt und die Hauptabmessungen festgelegt. Anschließend wird die Aggregate-, Module-, Baugruppen- und Teileauflistung angefertigt. Dabei sollte die Integral- und Differentialbauweise beachtet werden. Im nächsten Schritt wird die Massenoptimierung durchgeführt. Die Lastigkeitsregelung muß bestimmt werden, ebenso wie die Fertigungsart und die Verbindungsverfahren festzulegen sind. Es werden maßstäbliche Vorentwürfe erarbeitet. Es wird eine Kostenkontrolle, sowie eine Schwachstellensuche durchgeführt. Auf Grundlage dieser Ergebnisse kommt es zu einer teilweisen Neubearbeitung des Vorentwurfs.

Arbeitsergebnis 5:

- die Vorentwürfe enthalten:
- Aggregate, Module, Baugruppen/ -Teileanordnung
- Hauptabmessungen
- Technische Berechnung
- Abgrenzung
- Massenoptimierung
- Lastigkeit
- Aggregate, Module, Baugruppen, Einzelteile
- Norm-, Kauf-, Wiederhohlteile
- Werkstoff- und Fertigungsart
- Verbindungsverfahren

Arbeitsabschnitt 6

Arbeitsschritt 6:

- Gesamtentwurf erstellen
- Teileauflistung
- Verbindungsverfahren im Einzelnen

- Formen, Abmessungen, Oberflächen
- Toleranzen
- Werkstoff und Oberflächenbehandlung festlegen
- Kostenkontrolle, Schwachstellensuche
- Überarbeitung des Gesamtentwurfs

Arbeitsergebnis 6:

- der Gesamtentwurf enthält:
- Formteile, Verbundteile, Baugruppen
- Verbindungsverfahren
- Formen, Abmessungen, Oberflächen, Toleranzen
- Werkstoffe, Werkstoff-Vergütung, technische Berechnung
- Kostenrechnung

Arbeitsabschnitt 7

Arbeitsschritt 7:

- Festlegen von Einzelheiten
- Gruppen und Gesamtzeichnung
- Stücklisten erstellen
- Zeichnungskontrolle
- Fertigung des Musterflugkörpers
- Normprüfung
- Erstellen von Anleitungen für Montage/Demontage, Betreiben, Instandhalten

Anmerkung:

Wenn nach der Mustererprobung des Flugkörpers eine Entscheidung getroffen wird über die Serienfertigung des Flugkörpers, muß man die Produktdokumentation für die Serienfertigung vorbereiten.

Arbeitsergebnis 7:

- die Produktdokumentation enthält:
- Teilezeichnungen
- Gesamtzeichnungen
- Stücklisten
- Konstruktionsakte mit Berechnungen
- Unterlagen für das Montieren/Demontieren, Betreiben und Instandhalten

Es ist bekannt, daß in entwickelten westlichen Ländern, vom Anfang unseres Jahrhunderts an bis zum Jahre 1960, die Arbeitsproduktivität um 100% gestiegen ist. Aber im selben Zeitabschnitt stieg die Arbeitsproduktivität des Konstrukteurs nur um 20%.

Danach wurden in den 70'er Jahren CAD (Computer-Aided-Design = Rechnergestützte Konstruktion) Systeme eingeführt, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt.

Die Arbeitsmöglichkeiten des einzelnen Ingenieurs an seinem CAD-Arbeitsplatz sind sehr vielfältig. Je nach Aufgabe werden verschiedene Lösungen angeboten, die von der Erzeugung einer aerodynamischen Kontur über Festigkeitsberechnungen und Systemanalyse bis zur Produktionssteuerung reichen. Mit den geschilderten Perspektiven bietet die CAD-Technik eine umfangreiche Unterstützung bei der rationellen und schnellen Entwicklung eines Produktes bis zur Markteinführung. Auch dem leistungsstärksten Computer sind jedoch Grenzen gesetzt: Er kann nur die Daten verwenden, die eingegeben wurden. Die Kreativität der Ingenieure bleibt also auch in Zukunft jenes Element, welches das Produkt ausmacht /4/.

Nach /5/ kann in den Konstruktionsphasen zwischen den schöpferischen und schematischen Tätigkeiten unterschieden werden. Zu Beginn des Konstruktionsprozesses überwiegen die schöpferischen Aufgaben, da hier das Definieren, das Analysieren und das Konzipieren von Lösungen im Mittelpunkt steht. Die CAD-Technologie kann hier nur am Rande unterstützend wirken, um bereits erarbeitete Lösungskonzepte zu visualisieren oder Ergebnisse dieser Phasen zu speichern und für spätere kreative Prozesse bereitzustellen. Die schematischen Tätigkeiten, die im zweiten Teil des Konstruktionsprozesses sehr stark zunehmen, beinhalten Tätigkeiten wie Entwerfen und Ausarbeiten der Lösungen. Hier ist eine Unterstützung der CAD-Technologie sehr gut möglich und auch Stand der Technik.

3 Zusammenfassung

Nach VDI-Richtlinie 2221 (Mai 1993) ist das allgemeine Vorgehensmodell zum Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß von Flugkörpern (Luftballonen, Stratosphärenballonen, Luftschiffen, Flugzeugen, Hubschraubern, Kosmoflugzeugen, Raumfahrzeugen) erarbeitet.

Das Vorgehensmodell ist ein konsequentes aufeinanderfolgendes schöpferisches und schemati-

sches Tätigkeitsschema für die optimale Organisation des Entwicklungs-, und Konstruktionsprozesses von Flugkörpern. Das Modell ist interaktiv.

Das Vorgehensmodell kann man auf konventionelle Methoden zur Lösungsfindung, als auch in CAD-Systemen anwenden.

Literatur

- /1/ Dietz, P.; Konstruktionslehre, Vorlesungen
- /2/ VDI-Richtlinie 2221; Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Mai 1993.
- /3/ Betaneli A.; About Procedure Model of Aircraft Design, Bulletin of the Georgian Academy of Science, Volume 150, Nr. 2, 1994, p. 297-301.
- /4/ Hemker M.; Mit Maus und Monitor, Flug Revue, 10/94, Oktober, S. 73-75.
- /5/ Dietz P., CAD in der Konstruktionslehre, Vorlesungen.