

# Lösungskonzept der Funktionsstruktur eines Flugzeugs

Betaneli, A. J.; Saginadse, N. R.

Einführung der Methoden des morphologischen Kastens und des Brainstorming in den Konstruktionsprozeß von Flugzeugen.

Implementation of the methods of the morphological box and brainstorming in the design process of airplanes.

## 1 Einleitung

Beim Entwicklungs- und Konstruktionsprozeß eines Flugzeugs entsteht immer das Problem vom Konzipieren der Funktionsstruktur (gemeinsames Schema) des Flugzeugs.

Nach VDI 2221 /1/ ist das Arbeitsabschnitt 2. Die Formalisierung des Arbeitsabschnittes, die Generierung der verschiedenartigen Varianten der Funktionsstruktur des Flugzeugs, ist eine sehr schwierige und manchmal fast unmögliche Aufgabe. Dafür kann man CAD Systeme nicht anwenden. Die wichtigste Aufgabe ist die Beschleunigung des kreativen Denkens des Konstrukteurs. P. Dietz /2, 3/ Meinung nach, ist die Analyse der denkpsychologischen Zusammenhänge sehr wichtig für die wissenschaftlichen Grundlagen der Konstruktionssystematik und der Konstruktionslehre. G. Pahl, W. Beitz /4/ Meinung nach müssen die Erkenntnisse der Denkpsychologie in der Konstruktionslehre berücksichtigt werden.

Nach Angaben der Denkpsychologie, ist es zweckmäßig für den Algorithmus des kreativen Denkens das gemeinsame Schema anzuwenden, das in vier Phasen eingeteilt werden kann /5/:

- Phase 1 – bewußtes (diskursives) Denken. Studieren des Problems von allen Seiten. Dies ist eine Vorbedingung um einen intuitiven Schimmer der Idee zu bekommen.
- Phase 2 – unterbewußtes (intuitives) Denken. Das Reifen der leitenden Idee.
- Phase 3 – Übergang des unterbewußten Denkens in bewußtes Denken. Begeisterung. Eindringen der entscheidenden Idee in die Bewußtseinssphäre. Keine Aufmerksamkeit an dem Problem.
- Phase 4 – Die Entwicklung der Idee. Endliche Aufmachung und Nachprüfung.

Sehr viele weltberühmte Wissenschaftler (H. Helmholtz, D. Mendelejew, H. Poincaré, A. Einstein u. a.) haben durch eigene Erfahrung behauptet, daß unterbewußtes Denken eine große Rolle in der Kreativität spielt.

Daß unterbewußtes Denken die wichtige Phase der Kreativität ist, hat der österreichische Wissenschaftler S. Freud festgestellt. S. Freuds Meinung nach ist jede Kreativität das Ergebnis der Umgestaltung (Sublimation) der sexuellen Neigung (Libido sexualis).

„Aufstellung“ ist der Bereitschaftszustand, die Neigung zu einer bestimmten Aktivität in bestimmter Situation. Die Erscheinung „Aufstellung“ hat zum ersten mal der deutsche Wissenschaftler L. Lange entdeckt. Die allgemeine Theorie „der Aufstellung“ hat der georgische Wissenschaftler D. Usnadse erarbeitet. Die Beschleunigung der Forschung der Lösungsvarianten ist möglich durch Anwendung sogenannten heuristischen Methoden (diskursiv betonte Methoden, z. B. morphologischer Kasten und intuitiv betonte Methoden, z. B. Brainstorming, Synektik). Diese Methoden sind in der Literatur genau beschrieben worden /2, 3, 4/.

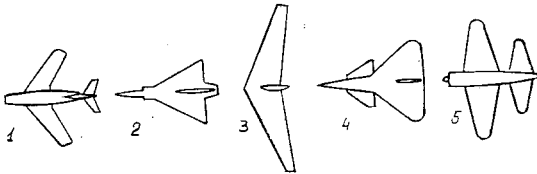
In diesem Aufsatz ist dargestellt, wie durch die Anwendung der Methoden des morphologischen Kastens, Brainstorming und Synektik die Beschleunigung der Lösungen für flugtechnische Konstruktionsaufgaben möglich wird.

## 2 Lösungskonzept der Funktionsstruktur eines Flugzeugs

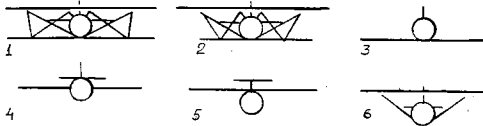
Es sind verschiedene Merkmale (Teilfunktionen) für die Funktionsstruktur (Gesamtfunktion) eines Flugzeugs bekannt. Aber hauptsächlich sind dies die folgenden /6/:

- aerodynamisches Schema (**Bild 1**: 1 - Flugzeug nach klassischen Prinzipien gebaut, 2 - schwanzloses Flugzeug, 3 - Flügelflugzeug, 4 - Flugzeug mit Vorderschwanz, Entenbauart, 5 - Tandemanordnung.
- Flügelzahl und Flügelanordnung (**Bild 2**: 1 - Doppeldecker, 2 - Anderthalbdecker, 3 - Tiefdecker, 4 - Mitteldecker, 5 - Hochdecker, 6 - Parasol)

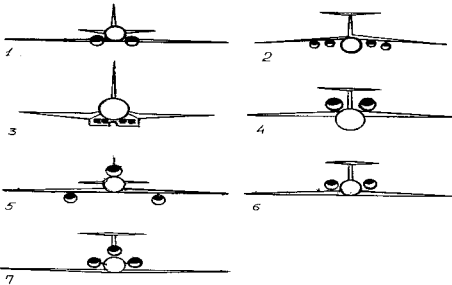
- Triebwerkstyp,
- Triebwersanordnung (**Bild 3**: 1 - im Flügel, 2 - auf dem Triebwerkträger, 3 - in den Triebwerks-gondeln, 4 - über dem Flügel, 5 - zwei Triebwerke über dem Flügel und eines in Heckanordnung, 6 - auf dem Rumpf, 7 - zwei Triebwerke auf dem Rumpf und eines in Heckanordnung)
- Machzahlbereich sowie
- Start - und Landungsart.



**Bild 1:** Aerodynamische Formen des Flugzeugs  
(Erläuterungen siehe Text)



**Bild 2:** Flügelzahl und Flügelanordnung  
(Erläuterungen siehe Text)



**Bild 3:** Triebwerksanordnung (Erläuterungen siehe Text)

Zur Lösung des Problems wurde ein morphologischer Kasten in Form einer zweidimensionalen Matrix gewählt – eine diskursive Methode der Konstruktionslehre zum systematischen Sammeln, Zuordnen und Kombinieren von Lösungselementen. In der waagerechten Achse werden alternative Varianten aufgezeigt; die senkrechte Achse ist nach Merkmalen (Teilfunktionen) geordnet (**Bild 4**).

Die Anzahl der theoretisch möglichen Gesamtlösungsvarianten ergibt sich zu:

$$N = m_1 \cdot m_2 \cdot m_3 \cdot m_4 \cdot \dots \cdot m_n,$$

wobei  $m$  die Zahl der alternativen Varianten in der Spalte und  $n$  die Zahl der Spalten ist.

Für den entwickelten morphologischen Kasten ist

$$N = 8 \cdot 8 \cdot 8 \cdot 7 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 3 = 129024.$$

Zwischen der Vielzahl der Varianten sind auch sinnlose Kombinationen. Diese sinnlosen Kombinationen muß man ausschließen, um die Vielzahl der Kombinationen sinnvoll zu verringern. Dann muß man alle erwünschten Lösungen auswählen. Das ist eine schwere Aufgabe, denn es gibt keine praktischen und universellen Kriterien, um die Wirksamkeit der verschiedenen Kombinationen zu bewerten.

Für die endgültige Konzipierung einer optimalen Variante sind die Methoden des Brainstormings und der Synektik zweckmäßig anzuwenden.

Das Brainstorming läßt sich am besten mit Gedankenblitz, Gedankensturm oder Ideenfluß bezeichnen, womit gemeint ist, daß Denken sich zu einem Sturm, zu einer Flut von neuen Gedanken und Ideen freimachen soll. Synektik ist ein dem Brainstorming verwandtes Verfahren mit dem Unterschied, daß die Absicht darin besteht, sich durch Analogien aus dem nichttechnischen oder dem halbtechnischen Bereich anregen und leiten zu lassen /4/.

Kriterien für das Konzipieren der geeignetsten Variante der Funktionsstruktur des Flugzeugs sind nur Komplex-Bewertungen mit Kriterien wie „Wert-Wirksamkeit“ oder „Wirksamkeit-Wert“ /7/. In diesen Kriterien ist einerseits gezielte Funktion und andererseits die Beschränkung enthalten.

Für die Mehrheit der Flugzeuge muß man die Startmasse als eine gezielte Funktion und die flugtechnischen Daten als Beschränkung angeben. Flugtechnische Daten sind taktisch-technische Anforderungen (TTA), formuliert und festgehalten in der technischen Aufgabe (TA) – s. Arbeitsergebnis 1 in /8/.

Die geeignetste Variante der Funktionsstruktur (gemeinsames Schema) des Flugzeugs ist die Variante mit der Minimalstartmasse, bei gleichen übrigen Bedingungen /7/.

Merkmal (Teilfunktion)	Lösungsvarianten						
	1	2	3	4	5	6	7
I Aerodynamisches Schema	Flugzeugnach klassischen Prinzipiengebaute	schwanzloses Flugzeug	Flügelflugzeug	Flugzeug mit Vorderschwanz (Entenbauart)	Tandemanordnung	-	-
II Flügelzahl	Eindecker	Doppeldecker	Anderthalbdecker	Vieldecker	-	-	-
III Flügelanordnung	Tiefdecker	Mitteldecker	Hochdecker	Parasol	-	-	-
IV Triebwerkstyp	Kolbentriebwerk	TL-Triebwerk	TL-Triebwerk mit Forcing	TL-Zweikreistriebwerk	TL-Zweikr.triebwerk mit Forcing	Turboprop-antrieb	-
V Triebwerkszahl	1	2	3	4	5	6	7
VI Triebwerksanordnung	im Flügel	auf dem Triebwerksträger	in den Triebwerksgondeln	über dem Flügel	zwei Triebwerke über dem Flügel, und eines in Heckanordnung	auf dem Rumpf	zwei Triebwerke auf dem Rumpf und eines in Heckanordnung
VII Machzahlbereich	Unterschall	Transschall	Überschall	Hyperschall	-	-	-
VIII Start- und Landungsart	normale Start- und Landungsart	kurze Start- und Landungsstrecke	senkrecht startendes u. landendes Flugzeug	-	-	-	-

**Bild 4:** Zweidimensionaler morphologischer Kasten

Auf Grundlage des morphologischen Kastens kann man die Funktionsstrukturen konkreter Flugzeuge durch Strukturformeln darstellen, z. B.:

- Airbus A 321  
(Deutschland)  
I.1, II.1, III.1, IV.4, V.2, VI.2, VII.1, VIII.1
- Airbus A330  
(Deutschland)  
I.1, II.1, III.1, IV.4, V.2, VI.2, VII.1, VIII.1
- Airbus Boing 747-400  
(USA)  
I.1, II.1, III.1, IV.4, V.4, VI.2, VII.1, VIII.1
- Überschallflugzeug Concorde  
(Frankreich-England)  
I.2, II.1, III.1, IV.3, V.4, VI.3, VII.3, VIII.1
- Überschallverkehrsflugzeug TU 144  
(ehem. UdSSR)  
I.2, II.1, III.1, IV.5, V.4, VI.3, VII.3, VIII.1
- Airbus IL 86  
(ehem. UdSSR)  
I.1, II.1, III.1, IV.4, V.4, VI.2, VII.1, VIII.1
- Jagdflugzeug MiG 29  
(ehem. UdSSR)  
I.1, II.1, III.2, IV.5, V.2, VI.3, VII.3, VIII.1

Die Merkmale (Teilfunktionen) für die Strukturformeln sind nach /6, 9, 10, 11/ angegeben.

### 3 Zusammenfassung und Ausblick

Hiermit ist die Expreß-Methode für das Konzipieren der Funktionsstruktur (gemeinsames Schema) eines Flugzeugs erarbeitet. Die wissenschaftliche Neuigkeit der Expreß-Methode besteht in der Anwendung des morphologischen Kastens in Form einer zweidimensionalen Matrix zum systematischen Sammeln, Zuordnen und Kombinieren von Lösungselementen und Brainstorming und Synektik zur Bestimmung der optimalen Variante. Der praktische Nutzen besteht darin, daß anstatt des langfristigen, unsystematischen Kombinierens von Lösungselementen, die Anwendung der Expreß-Methode die Möglichkeit bietet, in kurzer Zeit die Funktionsstruktur eines Flugzeugs zu konzipieren.

### 4 Literatur

- /1/ VDI-Richtlinie 2221; Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Düsseldorf, Mai 1993

- /2/ Dietz, P.; Institutsmitteilung Nr 13, IMW Clausthal 1988
- /3/ Dietz, P.; Institutsmitteilung Nr. 21, IMW Clausthal 1996
- /4/ Pahl, G. und Beitz, W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung. 3. Auflage, Springer 1993
- /5/ Betaneli, A. J.; Bulletin of the Georgian Academy of Sciences, 149, No 3, 1994
- /6/ Enzyklopädie „Flugwesen“, Verlag „Die große russische Enzyklopädie“, Moskau 1994
- /7/ Eger, S. M., und andere; Entwurf der Flugzeugen, Verlag „Maschinostroenie“, Moskau, 1983
- /8/ Betaneli, A. J.; Institutsmitteilung Nr 21, IMW Clausthal, 1996
- /9/ Burgner, N.; Flug Revue, Juli, 1997
- /10/ Airbus A321, Daimler-Benz Aerospace Airbus GmbH
- /11/ Airbus A330, Daimler-Benz Aerospace Airbus GmbH