

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

---

---

**О.Н. Мартынова**

**НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК  
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ ПО ТЕМЕ  
«СОВРЕМЕННАЯ АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА»**

---

---

**САМАРА 2011**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С. П. КОРОЛЁВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

О.Н. Мартынова

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК  
ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ ПО ТЕМЕ  
«СОВРЕМЕННАЯ АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА»

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета  
в качестве учебного пособия*

САМАРА  
Издательство СГАУ  
2011

УДК 42  
ББК СГАУ: Ш 143.24-923+629.7  
М294

Рецензенты: канд. пед. наук М.А. Хусайнова,  
ст. препод. Л.П. Белашевская

*Мартынова О.Н.*  
М294 **Немецкий язык для специальных целей по теме «Современная авиационная техника»:** учеб. пособие / *О.Н. Мартынова.* – Самара: Изд-во СГАУ, 2011. - 80 с.

**ISBN 978-5-7883-0843-2**

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями программы по немецкому языку для неязыковых специальностей вузов. Содержит тексты для чтения, лексические и грамматические упражнения, тексты для самостоятельного изучения с целью обучения переводу, аннотированию и реферированию научно-технического текста, а также упражнения по развитию навыков устной речи.

Разработано на кафедре иностранных языков и предназначено для студентов II курса дневного отделения 1, 2, 3 факультетов.

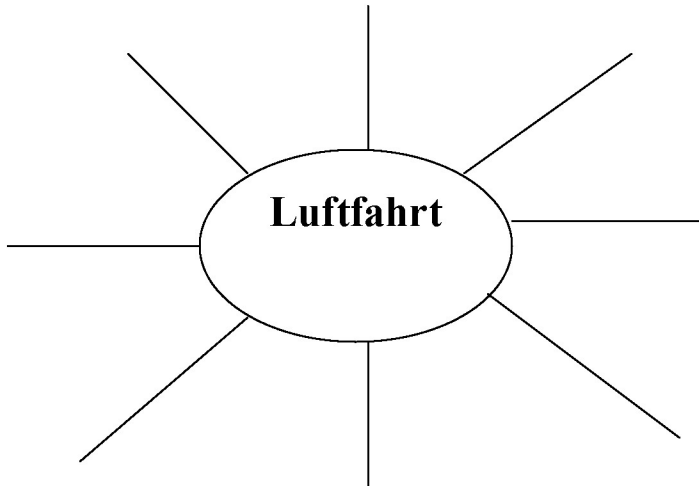
УДК 42  
ББК СГАУ: Ш 143.24-923+629.7

**ISBN 978-5-7883-0843-2**

© Самарский государственный  
аэрокосмический университет, 2011

## LEKTION I. Warum fliegt ein Flugzeug?

*Aufgabe 1. Nennen Sie die wichtigsten Begriffe, die mit der Luftfahrt verbunden sind. Erklären Sie Ihre Wahl.*



*Aufgabe 2. Erinnern Sie sich an die Meilensteine der Luftfahrtgeschichte. Welche Ereignisse sind Ihnen bekannt? Erzählen Sie darüber. Welche wichtigen Ereignisse können Sie noch nennen? Ergänzen Sie die Tabelle.*

Datum	Beschreibung
05.06.1783	Die Brüder Montgolfier lassen ihren ersten Heißluftballon starten. Passagiere sind Tiere, die die Fahrt gut überstehen.
21.11.1783	Rozier und d'Arlandes fahren als erste Menschen mit einem Heißluftballon.
1891	Lilienthal unternimmt erste Sprungübungen und Flüge über 25 m in Derwitz/Krilow bei Potsdam.
09.08.1896	Otto Lilienthal stürzt mit seinem Gleiter ab (wahrscheinlich Strömungsabriss) und stirbt am Tag darauf.
02.07.1900	Erster Aufstieg eines "Zppelin", des Luftschiffs LZ 1.

17.01.1902	Gustave Whitehead fliegt mit seinem Modell Nr. 22 über eine Distanz von 7 Meilen. Dies ist wahrscheinlich der erste erfolgreiche Motorflug.
17.12.1903	Die Gebrüder Wright absolvieren ihren ersten Motorflug (12 s lang, 36 m weit).
16.11.1909	Gründung der Deutschen Luftschiffahrt-Aktiengesellschaft, die wenig später den ersten Linienluftverkehr der Geschichte betreibt.
20.08.1913	Nesterov fliegt mit einem Nieuport-Eindecker den ersten erfolgreichen Looping der Luftfahrtgeschichte (1 Woche Gefängnis!).
12.12.1915	Erstflug des ersten freitragenden Ganzmetallflugzeugs der Welt (Junkers J1).
im Jahr 1930	Boeing Air Transport setzt zum ersten Mal in der Luftfahrtgeschichte Stewardessen ein. Es handelte sich um acht ausgebildete Krankenschwestern.
06.05.1937	Gegen 19:00 Uhr Ortszeit geht das Luftschiff Hindenburg bei der Landung in Flammen auf. 36 Menschen sterben.
27.08.1939	Die Heinkel He 178 absolviert den ersten Düsenflug der Luftfahrtgeschichte.
04.10.1957	Start des ersten künstlichen Erdtrabanten (Fernrakete Wostok, Sputnik). Ein Monat später gelingt dies das erste Mal mit einem Lebewesen, der Polarhündin Laika (3.11. 1957 Sputnik 2).
12.04.1961	Jurij Gagarin startet als erster Mensch in den Weltraum.
16.06.1963	Walentina Tereschkowa ist die erste Frau im Weltraum.
im Jahr 1967	Rollout der Concorde, ein Verkehrsflugzeug mit Überschallgeschwindigkeit. Es ist das erste Verkehrsflugzeug mit fly-by-wire Steuerung.
18.09.1997	Das neu konstruierte Luftschiff Zeppelin NT unternimmt seine erste Fahrt in der Nähe von Friedrichshafen.
21.03.1999	Der Ballon "Breitling Orbiter 3" landet nach 20 Tagen und erfolgreicher Erdumrundung in Ägypten (Bertrand Piccard & Brian Jones).

**Aufgabe 3.** *Sehen Sie den folgenden Text durch, stellen Sie die Absätze in die richtige Reihenfolge.*

1. Im Januar 1902 gelang ihm sogar ein Flug von 7 Meilen. Es ist schwer zu sagen, warum genau der Verdienst den Wrights zugeschrieben wird. Sicher ist aber, dass sie die geschäftstüchtigeren gewesen sind. Also: Danke, Gustav, danke Orville und danke Wilbur!

2. Ein kleines Detail stimmt jedoch nicht - sie waren nicht die ersten. Etwa 2,5 Jahre zuvor ist bereits auf amerikanischem Boden ein anderer Motorflug vor Zeugen durchgeführt worden: Gustave Whitehead, ein Auswanderer aus Deutschland, der eigentlich Gustav Weißkopf hieß, machte bereits am 14.08.1901 in Bridgeport einen Motorflug von 1/2 Meile Distanz.

3. Die beiden Wrights wurden berühmt und gründeten ein Motoren- und Flugzeug-Imperium, das auch heute noch existiert. Und alle sind ihnen dankbar für die Erfindung des Motorfluges.

4. Jedes Kind weiß es heute: vor genau hundert Jahren hat der erste Motorflug stattgefunden. Am 17. Dezember 1903 startete Orville Wright zu einem 12 Sekunden Flug mit dem Fluggerät, das er mit seinem Bruder zusammen in der väterlichen Fahrradwerkstatt gebaut hatte.

**Aufgabe 4.** *Besprechen Sie die Fragen: Wie war der Weg der Menschen zu dem echten Flug? Welche Kräfte wirken auf das Fluggerät während des Fluges? Welche wichtigsten Erfindungen waren von den Technikern gemacht, bevor der erste Flug möglich war?*

**Aufgabe 5.** *Erinnern Sie sich an die Bedeutung und an die Grundformen folgender Wörter. Bilden Sie einige Sätze damit.*

wiegen, stehen, entstehen, werden, überwinden, legen, auslegen, fliegen, leisten, strömen, umströmen, müssen, erzeugen, beschleunigen, fließen, abhängen, vergrößern, verringern, passieren, abreißen.

**Aufgabe 6.** *Klären Sie die Bedeutung folgender Komposita.*

die Luftströmung, die Oberseite, die Unterseite, der Unterdruck, der Überdruck, die Druckkraft, die Auftriebskraft, die Antriebskraft, die Schwerkraft, der Steigflug, der Strömungsabriss, der Reiseflug, die Außenhaut, die Tragfläche, der Luftstrom.

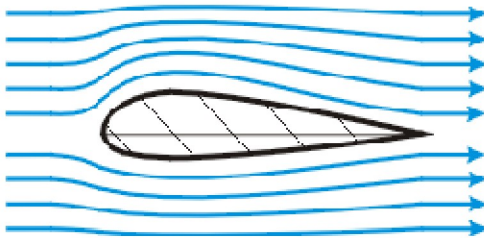
**Aufgabe 7.** *Lesen Sie den folgenden Text. Erklären Sie, warum ein Flugzeug fliegt? Wovon hängt der Flug eines Flugzeuges ab?*

# Aerodynamik. Grundlagen

## Teil I

Damit die Flugzeuge, die "schwerer als Luft" sind, vom Boden abheben können, muss eine Kraft nach oben wirken, die mindestens so groß ist, wie das Gewicht des Flugzeuges. Diese Kraft nennt man Auftrieb und wird durch die Tragflächen erzeugt.

Die Tragflächen oder Flügel haben im Querschnitt eine bestimmte Form, das Profil. Es gibt eine Vielzahl verschiedener Profilarten, je nachdem welche Flugeigenschaften ein Flugzeug erreichen soll. Bewegt sich nun eine Tragfläche vorwärts, teilt das Profil den Luftstrom in einen unteren und einen oberen Teil.



(Abb 1)

Da die Luft durch die Wölbung um das Profil verdrängt wird, muss sie einen "weiteren Weg" zurücklegen, wodurch sich die Strömungsgeschwindigkeit erhöht. Nach dem Gesetz der

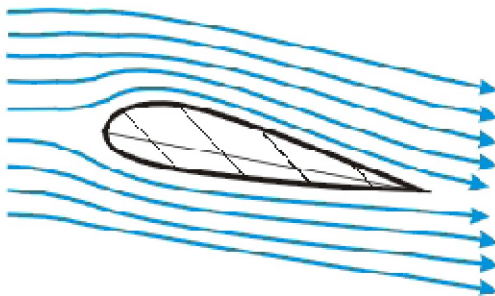
Strömungslehre (Bernoulli-Gleichung) führt die Geschwindigkeitszunahme zu einer Reduktion des Drucks. Es entsteht auf der Oberfläche des Flügels ein "Sog". Da die obere und untere Seite des Profils eine unterschiedliche Wölbung aufweisen, wird auch ein unterschiedlicher "Sog" erzeugt.

Bei einem vollsymmetrischen Profil ist der Unterdruck auf der Flügeloberseite genau gleich groß wie auf der Unterseite.

## Teil II

Diese rein aerodynamischen Kräfte reichen noch nicht aus, um ein Flugzeug zum Fliegen zu bringen. Ein Flügel muss im Luftstrom leicht angestellt werden, wodurch die Luft nach unten abgelenkt wird, was zu einem

Überdruck auf der Flügelunterseite führt, welcher den Gesamtauftrieb erhöht.



(Abb 2)

Dieser Anstellwinkel bewirkt zusätzlich eine Erhöhung des Unterdrucks auf der Oberseite, da die Luft einen noch weiteren Weg zurücklegen

muss und dadurch stärker beschleunigt wird.

Durch die Anstellung des Flügels wird aber auch der Luftwiderstand erhöht, was mit einer größeren Leistung für den Vortrieb kompensiert werden muss.

Grundsätzlich kann gesagt werden, dass der Auftrieb größer wird je schneller sich das Flugzeug vorwärts bewegt. Gleichzeitig wird aber auch der Luftwiderstand erhöht. Aus diesem Grund besitzen Flugzeuge, welche nur langsam fliegen, dicke Profile, bei sehr schnellen Flugzeugen reichen schlanke Profile für die Erzeugung des Auftriebs aus.

Der Anstellwinkel und die Geschwindigkeit können aber nicht beliebig erhöht werden, da die Luftströmung auf der Oberseite abreißen kann. Das heißt die Strömung fließt nicht mehr entlang dem Profil, sondern bildet Wirbel.

Zuerst entstehen die Wirbel an der Austrittskante. Wird der Anstellwinkel weiter erhöht, bilden sich immer mehr Wirbel in der Richtung Eintrittskante, bis der Auftrieb nicht mehr ausreicht, um das Flugzeug in der Luft zu halten. Dieser Flugzustand wird als Stall (engl.) bezeichnet und tritt vor allem dann auf, wenn das Flugzeug zu langsam fliegt. Sobald die Strömung wieder sauber am Profil entlang fließt, ist auch der notwendige Auftrieb wieder vorhanden und das Flugzeug fliegt wieder.

*Aufgabe 8. Beschreiben Sie die Abbildung 3. Benutzen Sie dabei folgende Wörter. Beginnen Sie Ihre Erzählung mit dem Satz: Die Tragflügelprofile werden in der Regel so ausgelegt, dass der Widerstand möglichst klein, aber der Auftrieb möglichst groß ist.*

wirken, beim Umströmen der Tragflügelprofile entstehen, einen Unterdruck (einen Überdruck) erzeugen, senkrecht zur Bewegungsrichtung stehen, gleich sein, überwiegen, entstehen, durch die Reibung der Luft, überwinden.

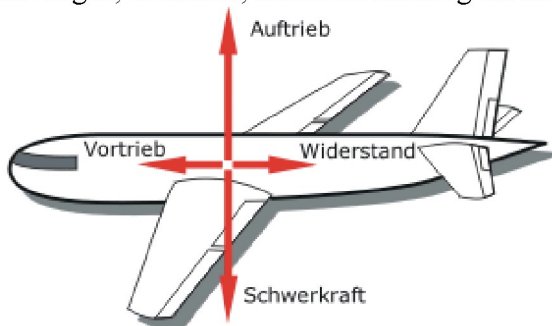


Abb.3



**Aufgabe 9.** Lesen Sie den folgenden Text. Erklären Sie die Bedeutung der unterstrichenen Wörter.

### Tragflügelgeometrie

Der Tragflügel eines Flugzeuges ist ein Quertriebkörper, d.h., der Auftrieb ist wesentlich größer als der Widerstand. Diese Kräfte sind vom Quadrat der Fluggeschwindigkeit, andererseits von der geometrischen Form der Tragflügel abhängig, sowohl von der Profilform als auch vom Grundriss.

Für Flugzeuge niedriger Geschwindigkeit wählt man meist den rechteckigen bzw. trapezförmigen Umriss bei großer Streckung. Die Tragflügel schneller Flugzeuge, deren Höchstgeschwindigkeit noch unterhalb der Schallgeschwindigkeit liegt, sind meist pfeilförmig ausgebildet, um Überschallgeschwindigkeiten bei der Flügelumströmung zu vermeiden. Die Tragflügel von Überschallflugzeugen sind fast immer Deltaförmig ausgebildet.

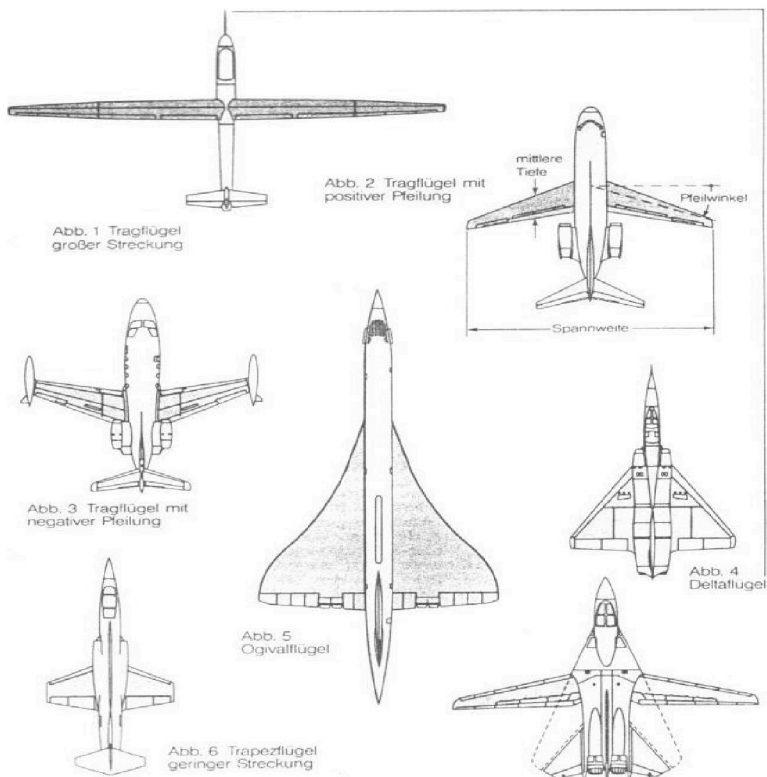


Abb.4

Deltaflügel erreichen einen größeren Auftriebsbeiwert erst bei sehr großen Anstellwinkeln. Für Überschallflugzeuge hat sich der schlanke Deltaflügel mit geschwungener Vorderkante, der sog. *Ogivalflügel* (*Spitzbogenflügel*) als optimale Form erwiesen. Für Machzahlen ab etwa 1,5 sind Tragflügel kleiner Streckung widerstandsmäßig günstiger als alle anderen Bauformen.

Die bisher letzte Entwicklung stellt der Flügel mit im Fluge veränderlicher Geometrie dar (*Schwenkflügel*): Langsamflug, Start und Landung mit großer Streckung und geringer Pfeilung, Schnellflug mit starker Pfeilung. Dieses Konzept hat bei modernen Kampfflugzeugen Anwendung gefunden, die sowohl im Überschallbereich als auch im Langsamflug operieren sollen.

*Aufgabe 10. Beantworten Sie die Frage: Warum nennt man den Auftrieb des Flugzeuges den dynamischen Auftrieb? Lesen Sie den Text und prüfen Sie, ob Sie Recht haben.*

### **A. Strömungsverhältnisse am Flugzeugflügel**

Der Flugzeugauftrieb ist ein dynamisches Phänomen. Deshalb ist eine gewisse Mindestgeschwindigkeit bei jedem Flugzeug notwendig. Beim Unterschreiten dieser Geschwindigkeit wird der Flügel nicht mehr glatt umflossen und die Strömung reißt ab. Das Flugzeug hat dadurch nicht mehr den notwendigen Auftrieb und stürzt ab.

Manchmal wird die Strömung auch absichtlich gestört. Dies ist z.B. während der Landung üblich. Um die Landegeschwindigkeit zu verringern, wird hierbei mittels Landeklappen die dahinter liegende Strömung in Unordnung gebracht. Durch dieses kontrollierte Eingreifen des Piloten ist eine schrittweise Verringerung der Landegeschwindigkeit möglich. Allerdings muss er darauf achten, dass diese nicht unter der Mindestgeschwindigkeit liegt. Sicher könnte man auch durch Wegnehmen oder Drosseln des Gases bzw. der Motorleistung eine Verringerung der Geschwindigkeit herbeirufen. Dies würde aber auch dazu führen, dass die Strömung plötzlich auf dem ganzen Flügel abreißt und das Flugzeug könnte dadurch abstürzen.

### **B. Aerodynamik und Flugzeugsteuerung**

Wie bereits erwähnt, erzeugen die Tragflächen eines Flugzeuges, wenn sie von Luft umströmt werden, Auftrieb. Ausschlaggebend dafür ist in erster Linie die Profilform.

Die Flügelform hat die Aufgabe, die Luftströmung in verschiedene Bahnen zu bringen. Vor dem Profil muss sich die Luftströmung entstehen. Da die Oberseite der Tragfläche stärker gekrümmt ist, werden die Luftpartikel auf eine höhere Geschwindigkeit beschleunigt, während sie unten langsamer fließen.

Daraus ergibt sich auf der Oberseite ein Unterdruck und ein Überdruck an der Unterseite - als Gesamtergebnis also der Auftrieb.

Der Auftrieb ist neben der Flügelform auch von der Geschwindigkeit der umströmenden Luft und vom Anstellwinkel abhängig (Der Winkel zwischen Profildrehne und der Luftströmung).

Vergößert man den Anstellwinkel bzw. verringert man die Geschwindigkeit, so verringert man damit auch den Auftrieb. Geschieht dies über ein erlaubtes Maß, wird die Strömung an der Tragflächenoberseite turbulent und reißt ab: das Flugzeug "überzieht"<sup>1</sup> und geht in den Sackflug<sup>2</sup> über. Das ist der Grund, warum ein Flugzeug nicht beliebig langsam fliegen kann. Hat das Flugzeug bei diesem Manöver eine gewisse Querlage<sup>3</sup> oder reißt die Strömung an einer Tragfläche schneller ab als an der anderen, kann es ins Trudeln fallen<sup>4</sup>. Diese Flugzustände sind zwar nicht unmittelbar gefährlich, man sollte aber wissen, dass man dabei schnell an Höhe verliert und es über Hundert Meter kosten kann, bis die Gegenmaßnahmen greifen und die Luftströmung wieder anliegt. So ein Strömungsabriss sollte also nicht in Bodennähe passieren.

***Aufgabe 11.** Sehen Sie den folgenden Text durch und beantworten Sie die Fragen:*

1. Ist die Schallgeschwindigkeit eine konstante Größe?
2. Wovon hängt die Schallgeschwindigkeit ab?
3. In welcher Höhe fliegen herkömmliche Passagierflugzeuge?
4. Warum spielt die Schallgeschwindigkeit für den Flug eines Flugzeuges eine besondere Rolle?
5. Was bedeutet das Fachwort „die Mach-Zahl“?
6. Was ist „die Schallmauer“?
7. Können moderne Flugzeuge die Schallmauer durchbrechen? Was ist dazu erforderlich?

---

<sup>1</sup> подвергать слишком большой деформации

<sup>2</sup> полёт на режиме критической скорости, парашютирование

<sup>3</sup> крен

<sup>4</sup> войти в штопор

## Überschallflug

Als Überschallflug bezeichnet man einen Flug, bei dem die Geschwindigkeit oberhalb der Schallgeschwindigkeit liegt. Die Schallgeschwindigkeit ist jedoch keine konstante Größe, sie ist in der Luft von Luftdruck und Luftdichte und damit von der Temperatur abhängig. Für eine Temperatur von  $15^{\circ}\text{C}$  ergibt sich z.B. eine Schallgeschwindigkeit von  $341\text{ m/s}$  oder  $1\,228\text{ km/h}$ , für eine Temperatur von  $-50^{\circ}\text{C}$ , wie sie in  $10\,000\text{ m}$  Höhe herrscht, eine Geschwindigkeit von  $300\text{ m/s}$  oder  $1\,080\text{ km/h}$ . Da die Schallgeschwindigkeit für den Flug eine besondere Rolle spielt – für höhere Geschwindigkeiten gelten nicht mehr die “normalen” Gesetzmäßigkeiten der Aerodynamik -, bezieht man die Geschwindigkeit schneller Flugzeuge auf die Schallgeschwindigkeit: Man gibt das Verhältnis von Fluggeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit an und nennt es die Mach-Zahl. So bedeutet z.B. Mach 1, dass das Verhältnis von Fluggeschwindigkeit zur Schallgeschwindigkeit gleich 1 ist, die Fluggeschwindigkeit also gleich der Schallgeschwindigkeit ist.

Das Überschreiten der Schallgeschwindigkeit wird als “Durchbrechen der Schallmauer” bezeichnet. Diese Bezeichnung rührt von der Tatsache her, dass der Luftwiderstand im Bereich von  $Ma=1$  steil ansteigt. Zum Durchbrechen der Schallmauer ist ein erheblicher Energie-, d.h. Treibstoffaufwand erforderlich. Je Passagierkilometer verbraucht ein Überschallverkehrsflugzeug zweieinhalb soviel Kraftstoff wie ein konventionelles Düsenverkehrsflugzeug.

## LEKTION II. Flugsicherheit

**Aufgabe 1.** Viele Menschen leiden unter Flugangst. Und Sie? Sind Sie (Ihre Freunde oder Verwandte) mit dem Flugzeug geflogen? Was haben Sie über Flugsicherheit im Radio und im Fernsehen gehört? Wenn Sie in den Urlaub fahren würden, zu welchem Verkehrsmittel würden Sie sich entscheiden? Ergänzen Sie die Tabelle.

	Vorteile	Nachteile
Flugzeug		
Zug		
Auto		

**Aufgabe 2.** Merken Sie sich folgende Vokabeln.

- |  |                        |
|--|------------------------|
| 1. der Unfall - die Unfälle            | катастрофа             |
| 2. der Zwischenfall                    | инцидент               |
| 3. der Absturz – die Abstürze          | падение                |
| 4. die Ursache                         | причина                |
| 5. das Mittel                          | средство               |
| 6. die Weise                           | способ, образ          |
| 7. der Mangel – die Mängel             | недостаток             |
| 8. versagen                            | отказывать             |
| 9. die Ausstattung                     | оборудование           |
| 10. der Lotse                          | диспетчер              |
| 11. der Schlag                         | удар                   |
| 12. die Entführung                     | похищение, угон        |
| 13. das Ereignis                       | событие                |
| 14. zustande kommen                    | осуществляться         |
| 15. auftreten                          | выступать              |
| 16. darstellen                         | представлять (собой)   |
| 17. leiden unter Akk. (litt, gelitten) | страдать от ч.-л.      |
| 18. vergleichen (i,i)                  | сравнивать             |
| 19. der Vergleich                      | сравнение              |
| 20. passieren                          | происходить, случаться |
| 21. bedienen                           | обслуживать            |
| 22. betreffen                          | касаться, относиться   |

*Aufgabe 3. Besprechen Sie folgende Fragen. Begründen Sie Ihre Meinung.*

1. Wie geschehen Unfälle in der Luftfahrt? Welche Unfallursachen gibt es?
2. Welche Ursache ist am verbreitetsten Ihrer Meinung nach?
3. Welche Komponenten des Flugzeuges sind für einen sicheren Flug verantwortlich?
4. Wann passieren Unfälle?
5. Ist das Flugzeug ein sicheres Verkehrsmittel?
6. Ist das Flugzeug sicherer als das Auto?
7. Wie kann man die Flugsicherheit eines Flugzeuges feststellen?

*Aufgabe 4. Lesen Sie den folgenden Text, beachten Sie dabei die Bedeutung folgender Wendungen: im Zusammenspiel – в сочетании, во взаимодействии*

ums Leben kommen – погибать

auf einen Schlag, auf einmal – сразу

*Formulieren Sie den Hauptgedanken des Textes.*

### **Unfälle und Unfallursachen**

Flugunfälle sind die traurigen und seltenen Gipfel im Zusammenspiel vieler kleiner Zwischenfälle in Teilen des Flugzeuges. Es können hierbei die mechanischen, menschlichen und technischen Komponenten, die für einen sicheren Flug verantwortlich sind, gleichermaßen betroffen sein. Allerdings und glücklicherweise resultiert nicht jeder Fehler in einem Unfall. Ein Unfall kommt erst zustande, wenn viele bedeutsame Zwischenfälle im selben Moment auftreten.

Insgesamt muss man das Flugzeug als sehr sicheres Fortbewegungsmittel einstufen. In den USA, in denen mehr geflogen wird als in Deutschland, stellen Flugabstürze nur zwei Prozent aller Todesursachen in einem Jahr dar. Noch mehr wird dies von der Tatsache unterstrichen, dass in einem Jahr in den USA mehr private Autofahrer ums Leben kommen, als bisher in den ganzen 60 Jahren der kommerziellen Luftfahrt in den USA.

Doch leidet ein erheblicher Prozentsatz der Bevölkerung unter Flugangst. Dabei spielt eine wichtige Rolle, dass auf einen Schlag sehr viele Menschen ums Leben kommen. Forscher gehen davon aus, dass der Anstieg des öffentlichen Interesses an Todesopfern, die auf einmal ums Leben kommen, im Quadrat zu jenen steigen, die einen individuellen Einzeltot gestorben sind.

Ein Punkt, bei dem sich Wissenschaftler uneinig sind, ist der, anhand welcher Betriebszahlen die Sicherheit festzumachen ist. Ein oft benutztes Mittel ist hierbei der Vergleich von Unfällen oder Todesopfern pro Passagierkilometer<sup>5</sup>. Bei dieser Betrachtung ist das Flugzeug das sicherste Verkehrsmittel. Für einen einzelnen Fluggast zählt aber nicht wie lange er fliegt, sondern einzig wie oft. Bei dieser Betrachtung der Unfallzahlen pro Flug schneidet das Flugzeug schlecht ab. Ein Grund, der für diese Betrachtungsweise spricht ist, dass die meisten Unfälle während Start und Landung passieren und die eigentlichen Flugphasen (fast) absolut sicher sind.

Unfallursachen sind eng miteinander verbunden und können doch so unterschiedlich sein. Ursachen können Herstellerfehler, Wartungsmangel, Pilotenversagen, mangelnde Flughafenausstattung, Lotsenfehler, schlechtes Wetter, Sabotage, Vogelschlag, Entführung oder Ähnliches sein. Ein Unfall ist auf das Zusammenspiel mehrerer Gründe zurückzuführen. Bei Untersuchungen kam man zu dem Ergebnis, das nur 28 Prozent aller Unfälle eine einzige Unglücksursache haben.

***Aufgabe 5.** Ergänzen Sie die Lücken mit den passenden Wörtern aus.*

- |   |  |                  |          |                |           |             |        |                  |
|---|--|------------------|----------|----------------|-----------|-------------|--------|------------------|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Für ... gibt es ein großes öffentliches Interesse.</li> <li>2. Der gleichzeitige Tod von 100 Menschen ... so viel ... wie der Einzeltot von 10 000 anderen Menschen.</li> <li>3. Die Betrachtung ... als Indikator für ... der Luftfahrt ist eingeschränkt.</li> <li>4. In der Luftfahrt sind Unfälle ... .</li> <li>5. Bis Mitte 2000 galt die Concorde als das sicherste ... .</li> </ol> | <table border="0"> <tr><td>Verkehrsflugzeug</td></tr> <tr><td>erreicht</td></tr> <tr><td>die Sicherheit</td></tr> <tr><td>Beachtung</td></tr> <tr><td>der Unfälle</td></tr> <tr><td>selten</td></tr> <tr><td>Flugzeugabstürze</td></tr> </table> | Verkehrsflugzeug | erreicht | die Sicherheit | Beachtung | der Unfälle | selten | Flugzeugabstürze |
| Verkehrsflugzeug  |  |                  |          |                |           |             |        |                  |
| erreicht  |  |                  |          |                |           |             |        |                  |
| die Sicherheit  |  |                  |          |                |           |             |        |                  |
| Beachtung   |  |                  |          |                |           |             |        |                  |
| der Unfälle   |  |                  |          |                |           |             |        |                  |
| selten  |  |                  |          |                |           |             |        |                  |
| Flugzeugabstürze  |  |                  |          |                |           |             |        |                  |

***Aufgabe 6.** Lesen Sie den Titel des folgenden Textes. Äußern Sie Ihre Meinung, wovon ist die Rede im Text. Dann lesen Sie den Text und prüfen Sie, ob Sie Recht haben. Sagen Sie, wozu die Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung eingerichtet wurde.*

---

<sup>5</sup> Passagierzahl mal Anzahl der geflogenen Kilometer

### **Durch jeden Absturz wird die Luftfahrt sicherer**

Jeder Unfall mit einem Verkehrsflugzeug in Deutschland landet als Vorgang auf dem Schreibtisch des leitenden Ingenieurs der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung (BFU) in Braunschweig, und die dazugehörigen Wrackteile landen in einer riesigen Halle am Rande des Braunschweiger Flughafens.

Durch die Oberlichter fallende Sonnenlicht wirft Schatten um die vielen Trümmerhaufen, die dereinst Motorflugzeug, Hubschrauber, Segelflieger oder auch Heißluftballon gewesen sind. Die Wrackteile bleiben so lange zur Untersuchung in dieser Halle, bis ein Fall abgeschlossen ist, dann werden sie als Sondermüll entsorgt.

Ein leichter Brandgeruch steht in der Halle. Dazu kommen undefinierbare Ausdünstungen aus der reichhaltigen Chemikalienpalette des Flugzeugbaus. Bei einem frischen Wrack muss man sogar mit Atemschutzmasken arbeiten. Festes Schuhwerk, Schutanzüge und Handschuhe sind bei den Untersuchungsarbeiten an den Wrackteilen absolute Pflicht.

Bei der Analyse der Überreste von Instrumenten und Kontrollleuchten aus dem Cockpit können die Forscher in den meisten Fällen noch feststellen, auf welcher Position ein Zeiger zum Zeitpunkt des Crashes gestanden hat oder ob eine bestimmte Birne geleuchtet hat. Neben dieser Spurensuche ist die wichtigste Aufgabe der BFU-Experten die Auswertung von Flugschreibern und Voice Recordern der havarierten Maschinen. In einem mit elektronischen Geräten vollgestopften Labor entlockt man den so genannten Blackboxes ihre Geheimnisse. Die meisten Unglücke können vollständig aufgeklärt und dann entsprechende Vorsorgemaßnahmen ergriffen werden. So makaber klingt es: Durch jeden Absturz wird also die Sicherheit der Luftfahrt erhöht.

*Aufgabe 7. Analysieren Sie die folgenden statistischen Daten. Erklären Sie die Ursachen solcher Situation.*

### **Wie sicher ist die zivile Luftfahrt wirklich?**

Nach einer Studie der ICAO<sup>6</sup> war 1999 eines der sichersten Jahre in der Geschichte des zivilen Luftverkehrs. Weltweit kamen in diesem Jahr bei 49 Unfällen 740 Menschen ums Leben. Das liegt deutlich unter dem Schnitt

---

<sup>6</sup> ICAO – Internationale Zivilluftfahrt-Organisation – международная организация гражданской авиации



von rund 1520 Toten in den vergangenen drei Jahrzehnten, aber doch über dem bisher besten Jahr 1990 mit “nur” 611 Opfern. Dieses Ergebnis sei umso bemerkenswerter, als der Luftverkehr in den letzten zehn Jahren weltweit um rund 30 Prozent zugenommen habe, heißt es in der Studie.

Am sichersten sei der fünfte Erdteil, errechnete das ICAO: Auf eine Million Starts kamen in dieser Region 0,2 Unfälle, in Mittel- und Westeuropa 0,9 und in Nordamerika 0,5. Beunruhigend dagegen seien die restlichen Absturzdaten: 4,8 Unfälle pro Million Starts ereigneten sich allein in den Staaten der ehemaligen Sowjetunion, 5,7 in Lateinamerika und gar 13 in Afrika.

***Aufgabe 8.** Stellen Sie folgende Absätze in die richtige Reihenfolge. Geben Sie den Inhalt des entstandenen Textes kurz wieder.*

### **Blindes Vertrauen auf den Bordcomputer?**

**A.** Als sich das linke Hauptfahrwerk des Airbus A310-300 nach dem Start auf der griechischen Ferieninsel nicht einfahren lässt, entschließt sich die Cockpitcrew nicht etwa zur Landung auf dem nächstliegenden Flughafen, sondern fliegt weiter. Kurz vor Wien geht dem Airbus der Treibstoff aus.

**B.** “Von Anfang an in guten Händen”, wie es der Werbespruch verspricht, waren die 142 Passagiere an Bord von Flug HF 3378 von Kreta nach Hannover am 12. Juli 2000 offenbar weniger als versprochen.

**C.** Der erste vorläufige Untersuchungsbericht kommt zu Ergebnissen, die wenig schmeichelhaft für Pilot und Copilot sind. Demnach haben beide Triebwerke des Airbus A310-300 zum Unfallzeitpunkt keinen Schub mehr abgegeben.

**D.** Nach 20 Kilometer Gleitflug gelingt der Crew zwar 500 Meter neben der Piste 34 von Wien Schwechat eine Notlandung, aber beim Unfall und der Evakuierung des Jets über Notrutschen werden 26 Menschen verletzt. Einem modernen Jet geht das Kerosin aus – wie kann so etwas passieren?

**E.** Die Ermittlungen hätten aber vor allem ergeben, dass die Besatzung ihre Treibstoffberechnungen – wie üblich - ausschließlich anhand des Flight Management Systems (FMS) durchgeführt hat, das aber die Luftfahrzeugkonfiguration mit ausgefahrenem Fahrwerk nicht berücksichtigt.

F. Im Treibstoffsystem befand sich nur noch eine Restkraftstoffmenge von rund 130kg. Die Tankanzeigen hätten eine der Realität entsprechende Information weitergegeben, funktionierten also korrekt.

1	2	3	4	5	6

*Aufgabe 9. Gliedern Sie den folgenden Text in einige Teile. Geben Sie jedem Teil eine passende Überschrift.*

### **Technische Denkmale**

Auf dem Campus-Gelände der Humboldt-Universität befinden sich als Technische Denkmale gesicherte Anlagen der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt. Im Herbst 1909 begann man mit der Eröffnung des ersten deutschen Motorflugplatzes im Südosten von Berlin eine Ära der wirtschaftlich-technologischen Entwicklung.

Das geschützte Ensemble der Technischen Denkmale in Berlin ist im Universitätsgelände als "Aerodynamischer Park" ein zentraler Anziehungspunkt. Das Ensemble ist ein Teil der ehemaligen Anlagen der bis 1945 an diesem Standort befindlichen Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt. Diese wurde 1912 auf dem Gelände des seit 1909 bestehenden ersten Motorflugplatzes Deutschlands in Johannisthal gegründet. Mit dem Aufschwung der Luftfahrt Ende der 20er Jahre wuchs der Drang nach einer soliden Luftfahrtforschung. Ab 1934 wurden die heute noch auf dem Gelände existierenden Bauwerke errichtet. Das sind der Große Windkanal, der Trudelkanal und die Motorenprüfstand.

Im Großen Windkanal konnten in einem Luftstrom mit einer Geschwindigkeit von über 200 km/h aerodynamische Untersuchungen vorgenommen werden. Zur Erzeugung des Luftstroms wurde durch einen Elektromotor mit einer Leistung von 2000 kW ein Laufrad mit einem Durchmesser von 8,5 m angetrieben. In der röhrenförmigen Anlage mit einem Durchmesser zwischen 8,5 m bis 12 m wurde der Luftstrom in einem Messraum auf Flugzeugteile geleitet und deren Widerstandsverhalten gemessen. Dies diente der Optimierung der Flugzeugform und -oberflächen.

Der Trudelwindkanal war damals eine absolute Innovation. Er stellt dem Prinzip nach einen Windkanal dar, in dem nicht ein horizontaler, sondern ein vertikaler Luftstrom (von unten nach oben) erzeugt wird. In diesen

wurden Flugzeugmodelle eingebracht. Die Geschwindigkeit des Luftstromes konnte so reguliert werden, dass sie der Fallgeschwindigkeit des Modells entsprach. Dies war damals die einzige Möglichkeit, den gefährlichen Flugzustand des Trudels labormässig zu simulieren. So konnte durch Umsetzung der Untersuchungsergebnisse in die Flugzeugproduktion das Leben vieler Piloten und Fluggäste gerettet werden.

Im Motorenprüfstand wurden Flugmotoren auf ihr Leistungsverhalten und ihre Lebensdauer getestet. Außerdem konnten Luftschrauben bis zu einem maximalen Durchmesser von 5 m untersucht werden. Dieser Prüfstand war sowohl für luft- als auch für flüssigkeitsgekühlte Motoren ausgelegt.

***Aufgabe 10.** Welche Sicherheitseinrichtungen gibt es in modernen Flugzeugen? Lesen Sie den folgenden Text und erklären Sie, wozu diese Sicherheitseinrichtungen dienen. Beachten Sie die Bedeutung folgender Wendungen:*

«Safety first» (англ.) - безопасность прежде всего;

in Bezug auf – относительно;

im Zusammenhang – в связи;

gefeit sein – быть застрахованным.

### **Sicherheitseinrichtungen**

Ein Motto, das in der Luftfahrt besonders groß geschrieben wird, lautet »Safety first«, dies zum einen in Bezug auf die Systemsicherheit, auf die im Zusammenhang mit dem Betrieb der Flughäfen eingegangen wird, zum anderen durch die Sicherheitseinrichtungen im Flugzeug selbst. So sind alle sicherheitsrelevanten Einrichtungen mindestens doppelt vorhanden. Dies betrifft außer den Antriebssystemen besonders die Bordinstrumente und Steuerungseinrichtungen wie Hydraulikpumpen, elektrische Generatoren und Ventile. In Militärmaschinen muss für den Notfall eine ausreichende Zahl Rettungsfallschirme mitgeführt werden; für die Piloten sind Schleudersitze eingebaut oder gar Vorrichtungen, welche die gesamte Flugzeugkanzel absprengen und sicher zu Boden bringen. In Zivilmaschinen stehen Sauerstoffmasken für den Fall eines plötzlichen Druckverlusts zur Verfügung. Wenn die Maschine auf dem Wasser niedergehen muss, liegen Schwimmwesten bereit, und aufblasbare Rettungsinseln werden ausgebracht.

Außer der Vielzahl von Sicherheitsvorrichtungen im und am Flugzeug bedürfen vor allem noch konstruktive Sicherheitsmerkmale des Flugzeugs der Erwähnung: Nur qualitativ hochwertige Baumaterialien, die bei

tragenden Bestandteilen weitestgehend gegen Materialermüdung gefeit sind, dürfen verwendet werden.

***Aufgabe 11.** Erklären Sie die Bedeutung folgender Wörter, nennen Sie Synonyme dazu, wenn es möglich ist.*

Die Sicherheit, der Unfall, der Zwischenfall, die Vorrichtung, der Schleudersitz, die Bordinstrumente, das Antriebssystem, Hydraulikpumpen, elektrische Generatoren und Ventile, der Druckverlust, die Militärmaschine, die Steuerungseinrichtungen.

***Aufgabe 12.** Finden Sie im folgenden Text die Antworten auf die Fragen:*

1. Gibt es in modernen Flugzeugen Computer mit dem Internet-Zugang?
2. Was wird in dem Bordcomputer gespeichert?
3. Welche Vorteile bietet die Datenkommunikation den Fluggesellschaften?
4. Was trägt zu einer Verbesserung der Flugsicherheit bei?

### **Neue Technologien**

Boeing zeigte Wege, um Flugzeuge mit heutigen und zukünftigen Technologien in ein globales Informationsnetzwerk zu integrieren. Ein zentrales Netzwerk an Bord ist das Herzstück des Systems. Hier werden Daten der Flugzeugsysteme, der Kabine und des Cockpits mit der Außenwelt verbunden. Der bereits im Liniendienst erprobten, satellitengestützten Verbindung kommt dabei eine zentrale Rolle zu. Integriert werden außerdem der schon bewährte "elektronische Pilotenkoffer", bei dem Piloten alle für den Flug benötigten Daten, Dokumente und Formulare in digitaler Form auf Knopfdruck zur Verfügung stehen, sowie weitere Software-Applikationen. Für die Airlines bietet die erweiterte Datenkommunikation zahlreiche Vorteile, die sich in geringeren Betriebskosten und einer besseren Nutzung des Flugzeuges auszahlen. Die Flüge und die Verfügbarkeit des fliegenden Personals kann noch besser als heute vom Betriebszentrum der Fluggesellschaft verfolgt und gesteuert werden und die Bevorratung an Bord lässt sich wesentlich genauer planen. Über eine umfangreiche Beobachtung von wichtigen Systemparametern des Flugzeuges lassen sich auch Wartungsereignisse wesentlich besser vorhersagen und planen. Die Übermittlung von Wetterdaten in Echtzeit und die Möglichkeit zur Videobeobachtung tragen zu einer Verbesserung der Flugsicherheit bei.

**Aufgabe 13.** *Moderne Technologien tragen sehr viel zu einer Verbesserung der Flugsicherheit bei. Überzeugen Sie Ihre Großeltern davon. Führen Sie bestimmte Beispiele an, um Ihre Rede anschaulich zu machen.*

**Aufgabe 14.** *Moderne Technologien tragen sehr viel zur Ausbildung der Piloten bei. Informieren Sie sich darüber mit Hilfe des folgenden Textes.*

### **Flugsimulatoren**

Die Piloten von heute kennen jede gefährliche Situation. Wirklich überraschen dürfte sie eigentlich kaum noch etwas. Notfälle, die in dieser Häufung nach der Wahrscheinlichkeit wohl nur alle 100 Jahre einmal auftreten dürfen, “erleben” sie alle paar Monate im Simulator. Dass es dennoch immer wieder zu Unglücken in wahren Leben kommt, liegt in der Komplexität des Systems – und der Vielschichtigkeit der menschlichen Charaktere.

Die erstaunliche Lernfähigkeit des Menschen ermöglicht es auch, dass er eine einmal erlebte Situation speichert und im wahren Leben fast unbewusst richtig reagiert. Gerade darauf baut das Simulatortraining auf.

Simulatoren sind Wunderwerke der Technik. In ihren unansehnlichen kastenförmigen Gehäusen, die in schwindelnder Höhe auf vier, sechs oder acht Stelzen balancieren, steckt eine kaum vorstellbare Technologie: ein Cockpit, das auch im Kleinsten mit dem Original übereinstimmt, ein Computer, der das ganze steuert, eine Bedieneinheit, die dem Instrukteur die Eingabe der Schulungsprogramme ermöglicht – und ein Sichtsystem, das vor den Cockpitfenstern in der virtuellen Realität die programmierte Außensicht dem Pilotenteam vorgaukelt.

Alle bedeutenden Fluggesellschaften besitzen für jeden von ihnen geflogenen Flugzeugtyp einen sogenannten Vollflugsimulator. Über das Simulatortraining wird die Sicherheit des Luftverkehrs erreicht.

**Aufgabe 15.** *Die Flugsicherheit hängt von den Kenntnissen und Fähigkeiten des Piloten ab. Ergänzen Sie die Lücken im folgenden Text mit den Wörtern aus dem Rahmen.*

Absolventen	Maschinen	Pilotin
Flugerfahrung		Turboprop
Flugstunden	Simulatoren	Spezialisten

## Karriere

Die Lufthansa Flight Training GmbH (LTD) Verkehrsfliegerschule ist eine der ersten Flugschulen weltweit, die die Zertifizierung nach ISO 9001 erhalten haben. Die Lehrer sind ... angesehener Universitäten und .... in ihrem jeweiligen Fachgebiet.

Ihre Flugstunden absolvieren die Schüler zunächst in ein-, dann in zweimotorigen ... . Parallel dazu trainieren sie an Instrumentenflug-Übungsgeräten und später an für Multicrew-Training zugelassenen ... . Auf diese Weise sammeln sie in zwei Jahren 320 ... und sind danach Co-Pilot. Eine derart hochqualifizierte Ausbildung hat ihren Preis. Doch davon müssen die Piloten der Zukunft nur ein Drittel selbst bezahlen, und das auch nur, wenn ein Arbeitsvertrag mit einer Lufthansa-Konzerngesellschaft abgeschlossen wird. Der Eigenanteil von knapp 41 000 Euro wird dann in moderaten monatlichen Raten zurückbezahlt.

Nach den vielen Stunden ... in Simulatoren nehmen die Piloten auf dem rechten Sitz einer Piper PA 42 Cheyenne Platz – einer schnellen ... mit modernem Zwei-Mann-Cockpit – und sind in Deutschland und Europa unterwegs.

Nur wenige Frauen bewerben sich für die Ausbildung zur ... , obwohl sie gleiche Chancen haben wie die männlichen Kollegen. In der Schulung beträgt der Frauenanteil 15 Prozent, in Lufthansa-Cockpits sitzen heute etwa zwei Prozent Pilotinnen.

***Aufgabe 16.** Schreiben Sie einen kurzen Aufsatz zum Thema „Ich will (nicht) Flieger werden“. Argumentieren Sie Ihre Meinung*

### LEKTION III. Moderne Flugzeuge

*Aufgabe 1. Merken Sie sich folgende Vokabeln.*

erwarten	ждать, ожидать
der Kunde	клиент
die Überzeugung	убеждение
der Bedarf	потребность
die Erlaubnis	разрешение
der Hersteller	производитель
der Markt	рынок
der Herausforderung begegnen	принять вызов
der Vertrag	договор
verhindern	препятствовать
fordern	требовать

*Aufgabe 2. Bilden Sie einige Sätze mit folgenden Wortgruppen.*

das Programm ausbauen, einen Marktanteil halten, die zersplitterte europäische Flugindustrie, die Vermarktung des neuen Flugzeuges übernehmen, den Staatsvertrag schließen, die letzte Domäne brechen, mitten in der Energiekrise, noch größere Flugzeuge benötigen.

*Aufgabe 3. Verbinden Sie die Verben aus der linken Spalte mit den Nomen aus der Rechten sinngemäß.*

übernehmen haben verhindern erwarten mitnehmen begrenzen umformen brechen	der Marktanteil größere Maschinen der Prozess die Vermarktung die Zahl der Erlaubnisse die Domäne viele Fluggäste das Konsortium
--	---

***Aufgabe 4.** Lesen Sie den folgenden Text und beantworten Sie die Frage:  
Worin bestehen die Herausforderungen des 21. Jahrhunderts?*

### **Herausforderungen des 21. Jahrhunderts**

Was darf man vom kommenden Jahrzehnt von der Flugzeugindustrie erwarten? Größere Maschinen? Sicherlich. Schnellere Jets? Vielleicht. Was werden die Kunden fordern?

Es scheint allgemeine Überzeugung zu sein, dass wir noch größere Flugzeuge benötigen. Der steigende Verkehrsbedarf und die begrenzte Zahl von Landeerlaubnissen (Slots) macht es wünschenswert, bei jedem Start möglichst viele Fluggäste mitzunehmen. Daher hat Airbus für bis zu 600 Passagiere seinen A380 gebaut, was Boeing mit einer vergrößerten 747-X konkurrenzieren will.

Heute ist Airbus neben Boeing der zweite große Flugzeughersteller der Welt und hält einen Marktanteil, der in guten Jahren etwa 50 Prozent des Marktes beträgt.

Mitte der 60er Jahre versucht die damals zersplitterte europäische Flugzeugindustrie den Herausforderungen des Großraumflugzeuges zu begegnen. Es kam schließlich zum Plan der A300 und zur Bildung des Airbus Konsortiums, das die Vermarktung des neuen Flugzeugs übernehmen soll. 1969 wird zwischen Frankreich und Deutschland der grundlegende Staatsvertrag für den Flugzeugbau geschlossen, 1970 folgt die Gründung der Airbus Industrie mit Sitz in Toulouse.

Der Markteintritt der A300 erfolgt zu Beginn der 70er Jahre und damit recht unglücklich mitten in der Energiekrise, was zu wirtschaftlichen Schwierigkeiten führt.

Erst in den 80er und 90er Jahren wird das Programm kontinuierlich ausgebaut. Mit dem ehrgeizigen neuen Projekt, dem Superjumbo A380 will Airbus die letzte verbliebene Domäne von Boeing brechen: das Monopol bei den Flugzeugen mit mehr als 500 Sitzen.

***Aufgabe 5.** Erklären Sie mit Rücksicht auf die Sicherheit der Luftfahrt, warum es wichtig ist, größere Flugzeuge zu bauen. Welche Gründe gibt es dazu noch?*

***Aufgabe 6.** Sehen Sie folgenden Text durch und erklären Sie, was folgende Ziffer in diesem Text bedeuten: A380, 13%, 15-20%, 6000, 2004, 2005, 2006, 97, 15.*



## **Der Airbus A380**

Mit diesem Jet durchbricht Airbus eine Schallmauer in der zivilen Luftfahrt: der neue Airbus wird in seiner Basisversion 555 Passagiere befördern können – ein Drittel mehr als das bisher größte Verkehrsflugzeug. Dadurch sinken die Sitzplätze um 15 bis 20 Prozent. Außerdem wird der A380 wesentlich leiser und abgasärmer sein als andere Langstrecken-Flugzeuge. Der neue A380 braucht 13 Prozent weniger Treibstoff als der Jumbo – das sind knapp drei Liter pro Passagier auf 100 Kilometern. Damit ist der A380 nicht nur das größte und modernste, sondern auch das effizienteste und umweltfreundlichste Flugzeug der Welt. Derzeit arbeiten über 6000 Mitarbeiter des europäischen Airbus-Konsortiums fieberhaft an den Vorbereitungen. Die großen Flughäfen passen sich den Erfordernissen des Mega-Jets an. In Toulouse und Hamburg entstehen riesige Hallen für die Endmontage, während einzelne Bauteile die Entwicklung bereits verlassen haben und in Produktion gegangen sind. Anfang 2004 sollte die Endmontage aufgenommen werden, 2005 der Jungfernflug stattfinden, 2006 mit der Auslieferung begonnen werden.

***Aufgabe 7.** Schreiben Sie alle Adjektive aus dem Text aus, die die A380 charakterisieren, sowie alle objektiven Daten zu diesem Flugzeug. Erzählen Sie über das Flugzeug A380, nehmen Sie Ihre Notizen zu Hilfe.*

***Aufgabe 8.** Lesen Sie den folgenden Text und nennen Sie die technischen Daten und Flugeigenschaften des neuen Flugzeuges.*

## **Boeing 20XX**

Nicht weniger als die nächste Revolution in der Passagierluftfahrt hat Boeing in Aussicht gestellt: eine vollkommen neue Art von Flugzeugen soll die Passagiere schneller, weiter und höher befördern und direkt an ihr gewünschtes Ziel bringen. Boeing hat von dieser Idee beflügelt eine erste Skizze vorgestellt und sie Boeing 20XX getauft.

Die Reisefluggeschwindigkeit des neuen Flugzeugs soll bei 0,95 Mach liegen. Damit wäre die Boeing 20XX rund zehn Prozent schneller als herkömmliche große Passagierflugzeuge, bliebe aber unter Schallgeschwindigkeit. Einen transatlantischen Flug könnte die 20XX rund 90 Minuten schneller absolvieren. Gleichzeitig müsste die Maschine nicht die Flugbegrenzungen fürchten, die für ein Überschallflugzeug gelten. Denn die 20XX vermeidet den Überschallknall und soll sogar auf Grund

moderner Triebwerkstechnologie bei Start und Landung die Richtwerte der besonders strengen Lärm- und Emissionsstufe vier unterschreiten.

Das nach den Vorstudien vorgeschlagene Modell hat Deltaflügel und zwei Vorderflügel, um vor allem die Flugeigenschaften bei langsamen Flug zu verbessern. Das doppelte Heckleitwerk und die Anordnung der Triebwerke spiegeln Erkenntnisse, die Boeing bei militärischen Projekten gewonnen hat.

Boeing rechnet damit, dass im künftigen Luftverkehr vor allem die Direktverbindungen zwischen entfernten, kleineren Flughäfen zunehmen werden und schlägt ein Flugzeug vor, das die Direktverbindungen auch auf Ultralangstrecken möglichst schnell und effizient bewältigen kann.

*Aufgabe 9. Sehen Sie folgende Texte durch und ergänzen Sie die Tabelle.*

	Tu-204	Tu-334	Il-114
Nachfolger für			
Reichweite			
Kapazität			
Triebwerke			
sonstiges			

**A. Tu-204**

Im Jahre 1982 stand die Frage nach einem Nachfolger für die Tu-154, vor allem im Hinblick auf die Ökonomie und Lärmbelästigung. In der Zwischenzeit hatte es erhebliche Fortschritte im Bereich Triebwerksbau, Materialien und Aerodynamik gegeben. Das Luftfahrtministerium hat also technische Aufgabestellungen für zwei neue Flugzeuge erstellt. Einmal eine Maschine für 200 Fluggäste mit einer Reichweite von 3.500 km und ein Großraumflugzeug für 350 – 400 Passagiere mit einer Reichweite von 6.000–7.000 km. Zum Mittelstreckenflugzeug fiel die Entscheidung auf den Entwurf der Tu-204.

In den ersten Entwürfen favorisierte Tupolev einen Entwurf mit drei Triebwerken. In der Folgezeit konnte sich Lanovskij mit der Entscheidung mit zwei Triebwerken durchsetzen. Für das Cockpit entschied man sich für eine Fly by Wire<sup>7</sup> Ausstattung. Erwähnenswert waren damals auch die

---

<sup>7</sup> Fly by Wire – система управления посредством приводов

Bemühungen westlicher Geschäftsleute, sowjetische Flugzeuge nach Westeuropa zu exportieren. In diesem Zusammenhang entschied man die Tu-204 mit westlichen Triebwerken auszustatten. Es entstand die Tu-204-120 mit zwei RR RB211-535E4 Triebwerken.

Nach dem Zusammenbruch der Sowjetunion geriet auch das Projekt in Schwierigkeiten und verzögerte sich, wobei ab Ende der 90-er Jahre das Programm sich wieder entwickelt.

## **B. Tu-334**

Das Programm zu Schaffung eines Nachfolgers für die Tu-134 und Jak-42 wurde 1986 im Angriff genommen<sup>8</sup>. Es gelang aber erst 1989 eine Spezifikation zu verabschieden. Die vor allem wirtschaftlich begründeten Schwierigkeiten mit dem Serienablauf der Tu-204 haben das Projekt weiter verzögert. Man bemühte sich, möglichst viele Teile der Tu-204 zu nutzen, was auch das Cockpit betrifft. Dies ermöglicht die Entwicklungskosten und vor allem auch die Kosten für die Ausbildung der Besatzung zu verringern. Ziel ist es, ein modernes Regionalflugzeug zu bauen, dessen Absatzchancen im Raum der ehemaligen Sowjetunion als gut einzuschätzen sind.

## **C. Turboprop-Regionalverkehrsflugzeug Il-114**

Die Entwicklung der Iljuschin Il-114 begann im Jahr 1985, als die sowjetische Regierung einen Nachfolger für die Antonow-An-24-Familie forderte. Der Zusammenbruch der Sowjetunion hatte finanzielle Probleme für das Programm zur Folge<sup>9</sup>, die das für 1992 geplante Datum der Indienststellung in weite Ferne rückten. Der Prototyp des Airliners für bis zu 64 Passagiere startete am 29. März 1990 zum Erstflug, gefolgt von der zweiten Maschine am 24. Dezember 1991. Der Jungfernflug des ersten Serienexemplars fand am 7. August 1992 statt. Die Zulassung verzögerte sich jedoch durch den Absturz des zweiten Prototyps am 5. Juli 1993 und konnte erst am 26. April 1997 erfolgen. Die Endmontage findet in Taschkent

---

<sup>8</sup> im Angriff nehmen – брать с боем, зд. - активно заниматься

<sup>9</sup> zur Folge haben – повлечь за собой

statt. Usbekistan Airlines übernahm als erste Gesellschaft die Il-114 und führte den ersten Einsatz am 27. August 1998 durch. Allerdings war die Airline nicht mit den Klimow-Triebwerken wegen deren relativ kurzen Wartungsintervallen zufrieden, gab die zwei betriebenen Vorserieneinheiten zurück und forderte eine Version mit westlichem Antrieb. Die resultierende Il-114-100 mit PW 127-Aggregaten startete am 26. Januar 1999 zum Erstflug und erhielt im Dezember 1999 ihre Zulassung in den GUS-Staaten.

---

*Aufgabe 10. Lesen Sie den folgenden Text und finden Sie die Antworten auf folgende Fragen:*

1. Für welche Strecken ist das neue Flugzeug ausgelegt?
2. Wie lange dauerte die Arbeit am neuen Flugzeug?
3. Welche Flugzeughersteller nahmen an dessen Fertigung teil? Warum?
4. Wie hoch ist der Bedarf an diesem Flugzeug in Russland und in der Welt?
5. Wann und wo fand der Erstflug des Flugzeuges statt?
6. Welche Flugeigenschaften zeigte das neue Flugzeug im ersten Flug?
7. Welche Besonderheiten der Konstruktion weist das neue Flugzeug auf?

Die Marktstudien der Zivilluftflotte zeigten einen Bedarf für ein Flugzeug mit einer Kapazität von unter 100 Plätzen bei einer Reichweite bis zu 4.500 km. Man entschied sich, einen wesentlich breiteren Rumpf als sonst in dieser Flugzeugklasse üblich zu entwerfen, jedoch unter der Breite der für Regionalmaschinen strukturell zu breiten und zu schweren Standardrumpfflugzeuge.

Es ist das erste russische Flugzeug, das von Anfang an auch für den westlichen Markt konzipiert wurde, weswegen man schon 2001 ein Bündnis mit dem US-amerikanischen Flugzeughersteller Boeing einging. Boeing, selbst nicht im Regionalflugzeugbau tätig, wurde dabei als beratendes Unternehmen verpflichtet.

Die Endmontage des ersten Prototyps begann im März 2007. Die statischen Belastungstests begannen am 5. Juli 2007 in Shukowski. Das öffentliche

Rollout<sup>10</sup> fand am 26. September 2007 im sibirischen Komsomolsk, der Erstflug im Mai 2008 statt. Die russische Zulassung ist für Ende 2009 vorgesehen, die europäische soll etwa sechs Monate später durch EASA erfolgen. Suchoj plant ab 2010 etwa 50 bis 60 Maschinen jährlich zu produzieren. Die Serienproduktion beginnt 2010.

Am 19. Mai 2008 absolvierte der erste Superjet in Komsomolsk mit Cheftestpilot Alexander Jablonzew und Leonid Tschikumow am Steuer seinen Jungfernflug. Der Flug dauerte eine Stunde fünf Minuten, wobei der Jet nur auf eine maximale Flughöhe von 1.200m stieg und mit einer Geschwindigkeit von nur 333 km/h geflogen wurde.

Der Rumpf bringt eine zwei-drei Bestuhlung unter, die Kabine wird große Staufächer beinhaltet, die auch Rollkoffer aufnehmen können.

Das Fahrwerk verwendet Scheibenbremsen, die aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff gefertigt sind und ein sogenanntes „Brake-by-Wire“-System<sup>11</sup>, durch das mechanische Elemente ersetzt werden. Die Radfelge<sup>12</sup> wird aus Aluminium bestehen.

Zielsetzung des Superjet 100 war es von Anfang an, ein auch westlichen Standards entsprechendes, effizientes und konkurrenzfähiges Flugzeug zu entwickeln, das als erster Typ russischer Herkunft auch nennenswerte Verkäufe außerhalb der ehemaligen Sowjetstaaten erreichen soll. Aus diesem Grund wurden am Superjet 100 auch erstmals im größeren Maße westliche Hersteller beteiligt.

**Aufgabe 11.** Erzählen Sie anhand der Tabelle über die Flugleistungen des neuen Flugzeugs.

Kenngröße	SSJ 100-75	SSJ 100-75LR	SSJ 100-95	SSJ 100-95LR	SSJ 100-100
Länge	26,37 m		29,87 m		32,8 m
Spannweite	27,8 m				
Flügelfläche	77 m <sup>2</sup>				
Flügelstreckung	7,40				
Maximales Startgewicht	38.800 kg	42.300kg	42.520 kg	45.900 kg	
Maximales Landegewicht	34.960 kg		39.385 kg		
Reisegeschwindigkeit	Mach 0,8				

<sup>10</sup> das Rollout - представление

<sup>11</sup> «Brake-by-Wire»-System – система торможения посредством приводов

<sup>12</sup> Die Radfelge – обод колеса

Dienstgipfelhöhe	12.500 m			
Passagiere	78	98	110	
Besatzung	2			
Reichweite mit max. Zuladung	3200 km	4550 km	3120 km	4420 km

**Aufgabe 12.** Ergänzen Sie den Text mit folgenden Vokabeln.

**aber, aber, dabei, dadurch, danach, danach, deswegen, nachdem, obwohl, trotz, während, weil**

Eine Billigfluglinie fliegt zwischen zwei Orten mit alten Maschinen. \_\_\_\_\_ passierte etwas auf einem der Flüge:

\_\_\_\_\_ das Flugzeug seine Reiseflughöhe erreicht hatte, schaltete der Pilot auf Autopilot um. \_\_\_\_\_ verließ er zusammen mit dem Copiloten das Cockpit und ging in den Passagierraum. \_\_\_\_\_ sie Kaffee tranken und sich mit den Passagieren unterhielten, näherte sich das Flugzeug allerdings dem Zielflughafen; \_\_\_\_\_ mussten die Piloten in das Cockpit zurückkehren. \_\_\_\_\_ die Tür war zu, und keiner der Piloten hatte einen Schlüssel. \_\_\_\_\_ ließ sich die Tür zum Schrecken der Besatzung und der Passagiere nicht öffnen, \_\_\_\_\_ sie verschiedene Möglichkeiten ausprobierten. \_\_\_\_\_ keine funktionierte, \_\_\_\_\_ Gewalt. \_\_\_\_\_ die Zeit immer knapper wurde, ging der Pilot zum Notausstieg und schlug die erste Scheibe ein. \_\_\_\_\_ nahm er die Notaxt heraus und zertrümmerte die Cockpit-Tür.

**Aufgabe 13.** Beantworten Sie die Frage: *Wozu dient der Autopilot? Es gibt die Meinung: Die Piloten können sich in anspruchsvollen Flugphasen – wie etwa vor der Landung oder bei Planänderungen durch die Flugsicherung – ihrer Tätigkeit widmen, ohne das Flugzeug dauernd nachsteuern zu müssen. Sind Sie damit einverstanden?*

**Aufgabe 14.** Lesen Sie den folgenden Text und nennen Sie die Aufgaben, die moderner Autopilot erfüllt.

### Moderne Autopiloten

Heute werden größere Flugzeuge – vor allem beim Langstreckenflug – über die meiste Zeit vollautomatisch gesteuert. Computer gesteuerte Regel- und Messsysteme stabilisieren den Flug und wickeln nach digitalen Flugplänen ab. Hierzu gibt der Pilot zum Beispiel die Luftstraße und die von der Flugsicherung zugewiesene Folge von Flughöhen in das Flight Management System ein.

Der Autopilot ändert dann am optimalen Punkt die Fluglage und leitet dort auch automatisch den Steigflug ein. Dabei werden die Anzeigen (bzw. die Daten) von digitalem Altimeter und Variometer (Höhenänderung), vom Kompass-System und Fahrtmesser optimal verarbeitet – und dem Flugzeug über die Steuerfläche und den Schubregler weitergeleitet. Ist dieser Knickpunkt der Flugroute ein Funkfeuer, so bewegt sich beim Überfliegen der Steuerknüppel wie von Geisteshand – und beginnt eine sanfte Kurve in den neuen Kurs. Vor allem wird auf idealen Betriebszustand und seiner Triebwerke geachtet.

Zwar nimmt das System dem Piloten viele eintönige und oft wiederkehrende Arbeit ab, doch soll er jederzeit den Flug und die Instrumente kontrollieren. Zum Beobachten des Luftraums und für kritische Situationen erhält er mehr Handlungsspielräume als früher.

***Aufgabe 15.** Diskutieren Sie Pro und Kontra des Autopiloten. Führen Sie bestimmte Beispiele, fantasieren Sie denkbare oder undenkbbare Situationen.*

***Aufgabe 16.** Verbinden Sie die Satzteile.*

<p>1. Ein Autopilot ist eine automatische Steuerungsanlage....</p> <p>2. Autopiloten sind computergesteuerte Mess- und Regelsysteme zur Stabilisierung ...</p> <p>3. Bei größeren Flugzeugen im Linien- und Charterflug greift ...</p> <p>4. Ein Autopilot kann dem Piloten einen Teil der Steuerung, ...</p> <p>5. Ein Autopilot erspart jedoch nicht die dauerhafte ...</p> <p>6. Besonders angenehm ist der Autopilot ...</p> <p>7. Der Autopilot gleicht kleine, unbeabsichtigte Kursänderungen aus oder ...</p>	<p>A) bei Turbulenzen oder sonstwie unruhigen Wetterverhältnissen.</p> <p>B) sorgt für gleichmäßigen Kurvenflug.</p> <p>C) des Fluges und zu seiner planmäßigen Navigation.</p> <p>D) in Flugzeugen oder Raketen, aber auch in Wasserfahrzeugen.</p> <p>E) kontrolle der Pilotenkanzelinstrumente.</p> <p>F) der Autopilot dabei auf den digitalen Flugplan zurück, der im Flight Management gespeichert ist.</p> <p>G) der Dateneingabe für Luftstraßen oder des ermüdenden Justieren (выверка; регулировка) abnehmen.</p>
--	---

1	2	3	4	5	6	7

*Aufgabe 17. Lesen Sie den folgenden Text und erfüllen Sie danach die Aufgaben.*

### **Standard-Tätigkeit des Autopiloten**

Wenn das Flugzeug nach dem Start bis zur gewünschten Höhe gestiegen ist, geht es in den horizontalen Reiseflug über. Betrachten wir zunächst das Einhalten einer bestimmten Flughöhe.

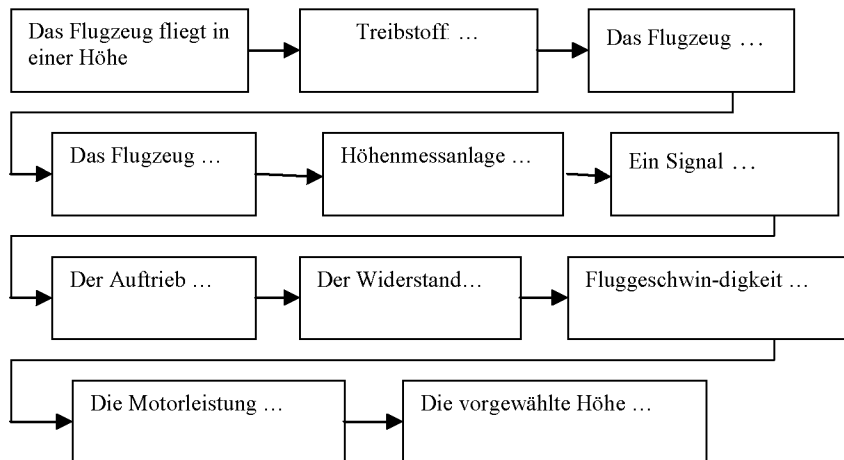
Solange sich das Flugzeug unter konstanten inneren und äußeren Bedingungen (Gewichtsverteilung, Atmosphäre usw.) geradeaus bewegt, bleibt die Flughöhe konstant. Jedoch wird schon durch den Verbrauch von Treibstoff das Flugzeug leichter und beginnt zu steigen. Deshalb wird die barometrische Höhenmessanlage bald eine Abweichung von der vorgewählten Höhe feststellen. Der **Pitchkanal**, der den Anstellwinkel regelt, gibt an das Höhenruder ein Signal zur Ausregelung der Differenz, bis die als Sollwert vorgegebene Höhe wieder erreicht ist. Da durch den Gewichtsverlust der Auftrieb und deshalb der Anstellwinkel verringert werden kann und somit der Widerstand sinkt, steigt die Fluggeschwindigkeit, weshalb nun der Geschwindigkeitskanal die Motorleistung so nachregelt, dass die vorgewählte Höhe bei der ebenfalls vorgewählten Sollgeschwindigkeit eingehalten wird.

Die Flugrichtung wird über den **Rollkanal** geregelt. Angenommen, der Pilot stellt  $315^\circ$  als Kurs ein, also genau nach Nordwesten. Ändern sich die Außenbedingungen, wie z.B. die Windrichtung, wird das Flugzeug aus dem berechneten Kurs abdriften, wenn nicht gegengesteuert wird. Eine Kompassanlage misst nun die Abweichung vom vorgewählten Kurs und gibt zum Ausgleich ein Signal an die Querruder und das Flugzeug dreht sich ein wenig seitlich um die Längsachse. Das Seitenruder arbeitet wie eine Stabilisierungsflosse, und das Flugzeug dreht sich zusätzlich um die Hochachse, bis der Kurs  $315^\circ$  wieder anliegt. Danach steuert der Rollkanal wieder in eine mittlere Lage. Während der seitlichen Bewegung hatte das Flugzeug aber einen höheren Widerstand und nahm dadurch die Nase nach unten – worauf sofort der Pitchkanal angesprochen und die Nase wieder nach oben gesteuert hatte. Auch diese Korrektur hatte zusätzlichen Widerstand verursacht und die Fahrt verringert, weshalb der Fahrtregler die Motorleistung wieder erhöhen musste.

*Aufgabe 18. Beschreiben Sie das Einhalten einer bestimmten Flughöhe. Ergänzen Sie das Diagramm 1.*



**Aufgabe 19.** Bilden Sie ein ähnliches Diagramm für das Einhalten der Flugrichtung.



Diagr. 1

**Aufgabe 20.** Lesen Sie den folgenden Text und formulieren Sie Probleme für Flugzeug- und Triebwerkskonstrukteure, die mit dem Fluglärm verbunden sind. Welche Wege zur Lösung dieser Probleme gibt es und könnten noch gefunden werden?

### Fluglärm

Störender Schall von Luftfahrzeugen im Bereich von etwa 300 bis 5000 Hz. Bei Strahlflugzeugen unterscheidet man zwischen **Strahlärm** (der aus dem Triebwerk austretenden Gase) und **Triebwerkslärm** (Strömungsvorgänge in den rotierenden Triebwerksteilen). Beim Überschallflugzeug entsteht der **Schallknall** (Überschreiten der Schallmauer). Deshalb ist der zivile Überschallflug über dem Gebiet vieler Staaten auch dem der Bundesrepublik Deutschland verboten. Maßnahmen zur Minderung des Fluglärms sind Flugbetriebsbeschränkungen, spezielle An- und Abflugverfahren. Das Bundesgesetz zum Schutz gegen Fluglärm vom 30.3.1971 legt ferner zwei Lärmschutzzonen mit Baubeschränkungen und Bauverboten in der Nähe von Flughäfen fest.

**Aufgabe 21.** Lesen Sie den folgenden Text und ergänzen Sie danach die Tabelle.

Schneller, leiser, sparsamer. Die Ansprüche an das Flugzeug der Zukunft sind hoch.

Schon jetzt ist der Luftraum grade in Vielfliegerland USA prall gefüllt und bis 2030 sagen Experten noch einmal doppelt so viele Flüge voraus.

Mit den Kerosinschluckern der Gegenwart ist das nicht zu schaffen. Und so fordern Wissenschaftler und Umweltschützer eine Revolution in der Luftfahrt.

Am Flight Reserch Center erforschen die Ingenieure der NASA seit Jahrzehnten neue Flugkonzepte. Das jüngste Projekt, die X48B von Boeing, ein fliegender Flügel.

Im Juli 2007 hob ein Modell des Jets zum ersten Testflug ab. Der Flugrochen soll mehr Auftrieb, weniger Luftwiderstand als traditionelle Flugzeuge besitzen, und so deutlich weniger Treibstoff verbrauchen. Außerdem soll die X48B auch leiser sein, denn die Triebwerke sitzen hoch am Heck. Der Testflug begeisterte die Ingenieure.

Doch die X48B ist nicht der einzige Nurflügler. Auch am Masachusets Institute of Technologie setzen die Forscher auf das Flugrochenkonzept, die SAX 40. Sie soll 35% weniger Treibstoff verbrauchen und die Triebwerke lärmern mit 63 Dezibel. Im Vergleich zu herkömmlichen Maschinen ein Flüsterjet.

Allenfalls das Experimentellflugzeug der US-Firma Hand Aviation könnte das wohl noch unterbieten. Nach dem Luftschiffprinzip steigt dieses Modell mit Helium in die Luft. Hochdruckturbinen geben ihm Schubkraft. Mit dem ausklappbaren Flügeln soll die Maschine dann durch die Luft gleiten bis zum Reiseziel. Investoren für das exotische Doppelluftschiff hat die Firma allerdings noch nicht gefunden. Und so könnte es eine Luftfahrt-Seifenblase bleiben.

Welche Idee sich schließlich durchsetzt, ist noch offen. Doch die Zeit für die herkömmlichen Rundflugzeuge läuft ab.

Das Flugzeugmodell	Technische Daten und Besonderheiten
1.	
2.	
3.	

**Aufgabe 22.** Lösen Sie folgende Komposita auf und versuchen Sie, deren Bedeutung zu erklären.

Das Vielfliegerland, der Kerosinschlucker, der Flugrochen, das Flugrochenkonzept, der Nurflügler, das Flüsterjet, die Hochdruckturbinen, das Doppelluftschiff, die Luftfahrt-Seifenblase, das Rundflugzeug.

**Aufgabe 23.** *Welches Modell der drei im gelesenen Text beschriebenen Flugzeuge hat Ihnen am meisten gefallen? Begründen Sie Ihre Meinung.*

**Aufgabe 24.** *Die USA nennt man das Vielfliegerland. Und Deutschland? Ist der Flugverkehr in Deutschland rege? Erfüllen Sie folgende Aufgaben.*

1. Nennen Sie die wichtigsten Verkehrsflughäfen Deutschlands in der Reihenfolge ihres Verkehrsaufkommens. Zeigen Sie diese Flughäfen an der Karte.
2. Kennen Sie deutsche Luftverkehrsgesellschaften? Welche?
3. Glauben Sie, dass der Luftverkehr in Zukunft zunehmen wird? Warum?
4. Sind Sie schon einmal nach Deutschland geflogen? Wenn ja, auf welchem Flughafen sind Sie gelandet? Schildern Sie Ihre Eindrücke (auch im Vergleich zu anderen Flughäfen, die Sie kennen).
5. Wie erklären Sie sich die enorme Kapazität des Flughafens Frankfurt/Main?

**Aufgabe 25.** *Sehen Sie folgenden Text durch und prüfen Sie, ob Sie alle Aufgaben aus der Aufgabe 23 richtig erfüllt haben.*

### **Luftverkehr und Flughäfen in Deutschland**

Für eine vom Export abhängige Industrienation wie Deutschland spielt der nationale Flugverkehr eine herausragende Rolle. Ein dichtes Netz von Linien- und Charterflügen verbindet Deutschland mit Großstädten und touristischen Zentren in aller Welt. Die wichtigste Drehscheibe für den Luftverkehr ist der Flughafen Frankfurt am Main. Er ist der größte Flughafen des europäischen Kontinents.

Ebenso wie das Rhein-Main-Gebiet verfügen auch andere Wirtschaftszentren in Deutschland über Verkehrsflughäfen, von denen aus nationale und internationale Ziele angefliegen werden können. Zweitgrößter Flughafen ist Düsseldorf, an dritter Stelle steht München und an vierter Stelle Berlin mit drei Flughäfen (Tempelhof, Tegel und Schönefeld).

Die Zahl der Fluggäste beläuft sich auf rund 120 Millionen im Jahr. Fast ein Drittel davon wird auf dem Flughafen Frankfurt Main abgefertigt. Auf die Flughäfen in Düsseldorf entfallen 15,3 Mio., München 17,6 Mio. und Berlin 11,2 Mio. Fluggäste.

Der Luftfrachtverkehr hat inzwischen einen Gesamtumschlag von über zwei Millionen Tonnen jährlich erreicht. Davon werden rund zwei Drittel in Frankfurt abgefertigt. Insgesamt gibt es im Personen- und Frachtverkehr rund zwei Millionen Starts und Landungen pro Jahr. Auch in Zukunft ist mit einer wachsenden Nachfrage im Flugverkehr zu rechnen.

## LEKTION IV. Motorenbau

*Aufgabe 1. Merken Sie sich folgende Vokabeln.*

antreiben	приводить в действие, запускать
ausströmen	вытекать
die Beschleunigung	ускорение
das Gehäuse	корпус
die Schaufel	лопатка
die Schubkraft	сила тяги
ansaugen	втягивать, всасывать
der Verdichter	компрессор
der Lufteinlauf	воздухозаборник
die Brennkammer	камера сгорания
die Turbine	турбина
die Düse (die Schubdüse)	сопло
die Welle	вал
der Brennstoff	топливо
komprimieren	сжимать
entnehmen	брать (из ч.-л.)
erzeugen	производить, создавать
einspritzen	впрыскивать
drehen	вращать
strömen	течь, протекать

*Aufgabe 2. Bilden Sie Wortgruppen den Stämmen nach.*

Strömen, der Verdichter, ausströmen, die einströmende Luft, der Hochdruckverdichter, die ausströmenden Gase, komprimieren, die Strömungsgeschwindigkeit, einströmen, verdichten, der Niederdruckverdichter, der Strom, die verdichtete Luft, der Kompressor.

*Aufgabe 3. Bilden Sie Sätze mit folgenden Wörtern, benutzen Sie bitte verschiedene Passivformen der Verben.*

1. ein Turborad, befestigen, an der Welle; 2. verbrennen, im Gehäuse, Treibstoff; 3. durch das Turborad, kalte Luft, ansaugen; 4. durch den Motor, leiten, ein Teil der Luft; 5. der Treibstoff, dort, einspritzen; 6. das Flugzeug, bewegen, vorwärts.

*Aufgabe 4. Lesen Sie den folgenden Text und beantworten Sie die Fragen:*

1. Was ist ein Flugtriebwerk?
2. Welche sind die wichtigsten Flugtriebwerke?
3. Was gehört zu den Hauptbaugruppen eines Gasturbinentriebwerks?
4. Wozu dient der Lufteinlauf (der Verdichter, die Brennkammer, die Turbine, die Schubdüse)?
5. Worauf ist die Aufgabenstellung des Flugzeuges beschränkt?

### **Das Flugtriebwerk**

Das Flugtriebwerk ist ein Antriebsmittel für Luftfahrzeuge und Flugkörper (Raketen), das als Reaktion auf die Beschleunigung von Gasmassen entgegen der Flugrichtung einen Vortrieb erzeugt (Reaktionstriebwerk). Die Gasmasse wird bei Luftschraube- und Luftstrahltriebwerken der umgebenden Atmosphäre entnommen. Raketentriebwerke führen die beschleunigte Masse selbst mit und sind deshalb von der Erdatmosphäre unabhängig.

Die Übersicht zeigt die wichtigsten Flugtriebwerke.

Es gibt drei Arten von Flugtriebwerken: Luftschraubentriebwerke (Kolbentriebwerke und Propeller-Turbinen-Luftstrahltriebwerke), Luftstrahltriebwerke (dazu gehören Turbinen-Luftstrahltriebwerke, Zweistromturbinen-Luftstrahltriebwerke) und Raketentriebwerke (Flüssigkeits- und Feststoffraketen). Die ersten zwei Arten sind von der Atmosphäre abhängig, die dritte Art hängt von der Atmosphäre nicht ab.

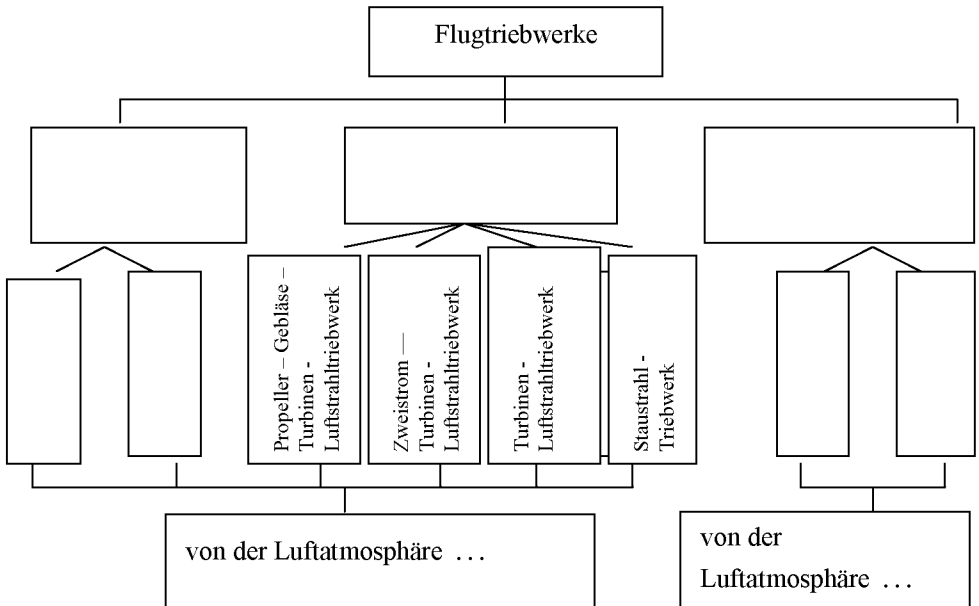
Die Hauptbaugruppen eines Flugzeug-Gasturbinentriebwerks sind Lufteinlauf, Verdichter, Brennkammer, Turbine und Schubdüse.

Die durch den Einlauf eintretende Luft wird zum Teil durch den Flugzeugstaudruck und zum Teil durch den Verdichter komprimiert. In die Brennkammer wird Brennstoff eingespritzt und dort verbrannt. Die heißen Gase treiben die Turbine an und strömen durch die Schubdüse aus. Die Turbine entnimmt dem heißen Gasstrom entweder nur die Energie für den Verdichterantrieb (im Fall der Strahltriebwerke) oder zusätzlich noch die Energie für den Antrieb einer Luftschraube (im Fall der Propellerturbine). Die andere Energie des heißen Gasstroms liefert (erzeugt) beim Austritt aus der Schubdüse nach dem Rückstoßprinzip.

Die Auswahl der Art und prinzipielles Schema des Triebwerkes ist von der Aufgabenstellung des Flugzeuges beschränkt. Das Streben der Flugzeugfirmen, die Stückzahl der Triebwerke am Flugzeug herabzusetzen, erzwingt die Konstruktionsbüros, Triebwerke mit einem größeren Schub (etwa 400kN) zu entwickeln. Die Entwicklung des Grundmodelltriebwerkes

dauert gewöhnlich 5 bis 7 Jahre. Die Weiterentwicklung (Verbesserung der Zuverlässigkeit) – 2 bis 3 Jahre. Kosten des Triebwerkes beträgt 18-35% von Kosten des Flugzeuges. Der Gewinn von einer Stunde im Flugtriebwerkbau im Vergleich zu Autobau beträgt 25:1.

**Aufgabe 5.** Stellen Sie die Übersicht der wichtigsten Flugtriebwerke schematisch dar.



**Aufgabe 6.** Bilden Sie den Plan zum gelesenen Text und fassen Sie danach den Inhalt des Textes kurz zusammen.

**Aufgabe 7.** Verbinden Sie die Satzteile.

- |   |  |
|---|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Die Einwellen-Strahltriebwerke sind</li> <li>2. Die Strahltriebwerke haben eine Turbine, die einen ...</li> <li>3. Bei den Staustrahltriebwerken geschieht die Verdichtung ...</li> <li>4. Die Staustrahltriebwerke sind ...</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Ausführungsform der Strahltriebwerke.</li> <li>b. Verdichter, Brennkammer, Turbine und Schubdüse.</li> <li>c. Arbeitsprinzip wie eine einwellige Strahltriebwerke.</li> <li>d. Verdichter antreibt.</li> <li>e.</li> </ol> |
|---|--|

- |   |   |
|---|---|
| <p>5. Die Baugruppen der Strahltriebwerke sind Lufteinlauf, ...</p> <p>6. In der Brennzonen der Brennkammer beträgt ...</p> <p>7. Eine Zweiwellenstrahltriebwerke hat das gleiche ...</p> <p>8. Als Nachbrenner bezeichnet man eine Brennkammer, die für das zusätzliche Verbrennen ...</p> <p>9. Bei der Zweistrom-Strahltriebwerke teilt sich die gesamte ...</p> | <p>f. die Gastemperatur ungefähr 2.000...2.700 Grad Celsius.</p> <p>g. in das Triebwerk eintretende Luft in einen äußeren und einen inneren Kreis auf.</p> <p>h. der Luft ausschließlich durch den Flugstaudruck.</p> <p>i. von Brennstoff hinter der Turbine zur Erzielung einer höheren Schubkraft bestimmt ist.</p> <p>j. konstruktiv besonders einfach.</p> |
|---|---|

**Aufgabe 8.** Ergänzen Sie die Sätze mit folgenden Nomen:

die Brennkammer, Luftstrom, Schaufeln, Schubdüse (2), Strahlgeschwindigkeit, Strom, Triebwerk, Verdichterstufen, Version

### Mögliche Bauarten einer Zweistrom-Strahltriebwerke

In der ersten Version läuft der gesamte ... durch den Niederdruckverdichter. Danach geht der innere Strom durch den Hochdruckverdichter in ... und treibt über die Hoch- und Niederdrucktriebwerke die beiden Verdichter an. Der äußere, nur verdichtete, aber nicht durch eine Brennkammer geführte Strom wird ringförmig entlang dem ganzen ... in die gemeinsame ... geführt. Diese Vermischung senkt die ... . Damit sinkt der Strahlärm.

In der zweiten ... wird der äußere Strom nur durch die ersten Stufen des Niederdruckverdichters geleitet und tritt unmittelbar danach durch eine eigene ringförmige ... aus. Man spricht in diesem Fall von einer Zweistrom-Strahltriebwerke mit vorderem Gebläse. Dabei können die ersten ... einen im Vergleich zum übrigen Triebwerk sehr großen Durchmesser haben.

Die dritte Version ist ein hinteres Gebläse, dessen Schaufeln die verlängerten ... der Niederdrucktriebwerke sind. Ein kurzes Mittelstück der Schaufeln ist so geformt, dass der innere und der äußere Strom gegeneinander abgedichtet sind.

**Aufgabe 9.** Lesen Sie den folgenden Text und fassen Sie kurz seinen Inhalt zusammen.

## Propellerturbinentriebwerk

Bei Propellerturbinentriebwerk bzw. Luftstrahltriebwerk (abgekürzt Propellerturbine) wird die von den Turbinen erzeugte Leistung nicht nur für den Antrieb des Kompressors und der Hilfsaggregate aufgewendet, sondern auch für die Luftschaube – den hauptsächlich (90%) Schuberzeuger. Die Antriebskraft setzt sich aus dem Schub des Gasstrahls, der aus der Schubdüse strömt, und aus dem Schub der Luftschaube zusammen. Die Schuberzeugung mit einer Luftschaube ist am Boden und bei kleinen Fluggeschwindigkeiten effektiver, als die mit dem Gasstrahl. Die Hauptelemente einer Propellerturbine sind der Einlauf, der Verdichter, die Brennkammer, die Gasturbine, die Schubdüse, die Luftschaube und das Getriebe. Da die Drehzahl für den größten Wirkungsgrad der Luftschaube wesentlich niedriger als die Turbinendrehzahl ist, muss das Getriebe die Luftschaubendrehzahl gegenüber der Turbinendrehzahl im Verhältnis eins zu fünf bis eins zu fünfzehn verringern.

Ein PTL-Triebwerk ist sowohl einwellig und zwar mit einer gemeinsamen Turbine für Verdichter und Luftschaube, als auch zweiwellig mit zwei getrennten miteinander nicht verbundenen Turbinen, von denen eine den Verdichter antreibt und die andere die Luftschaube. Bei einigen zweiwelligen Propellerturbinen treibt eine Turbine einen Hochdruckverdichter an, während die andere die Luftschaube und einen Niederdruckverdichter antreibt. Bei Turbomotoren (Eine Bauform von PTL) wird die gesamte Energie des Heißgases zur Erzeugung von Wellenleistung verwendet, so dass diese Triebwerke keinen Schub abgeben. Solche Triebwerke werden heute hauptsächlich in Hubschrauber eingebaut.

*Aufgabe 10. Lesen Sie den folgenden Text.*

### Gasturbine und Strahltriebwerk

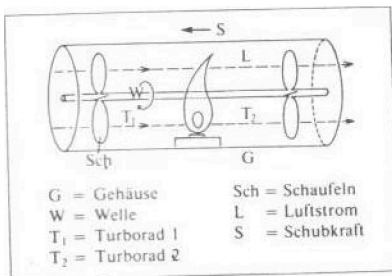
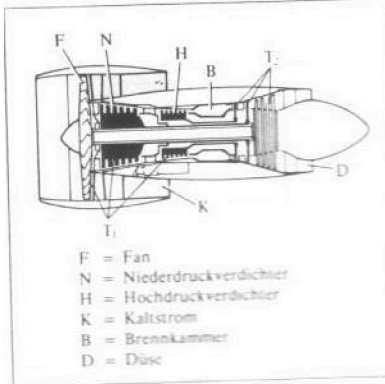


Abbildung 1 zeigt das Prinzip einer offenen Gasturbine. In einem Gehäuse (G) in Form eines Rohres befindet sich eine Welle (W). An jedem Ende der Welle ist ein Turborad S ( $T_1$  und  $T_2$ ) befestigt. Die Schaufeln (Sch) beider Räder stehen etwa im gleichen Winkel zur Welle. Nun drehen wir die Welle.

Dadurch entsteht ein Luftstrom (L) im Gehäuse. Dieser Luftstrom erzeugt eine entgegengesetzte Schubkraft (S). Wenn zwischen den beiden



Turborädern Treibstoff verbrannt wird, erhitzt sich die Luft im Gehäuse. Da wir die Welle drehen, wird durch das Turborad T1 kalte Luft angesaugt, während das heiße Gas durch das Rad T2 ausströmt. Durch die Erhitzung aber vergrößert sich das Volumen des Gases. Deshalb ist die Geschwindigkeit des ausströmenden Gases größer als die Geschwindigkeit der einströmenden Luft. Auf das Turbinenrad T2 wirkt also von innen eine Drehkraft. Diese Kraft ist größer als die Kraft, welche man braucht, um das Rad T1 mit der Welle anzutreiben. Die Welle rotiert nun allein.



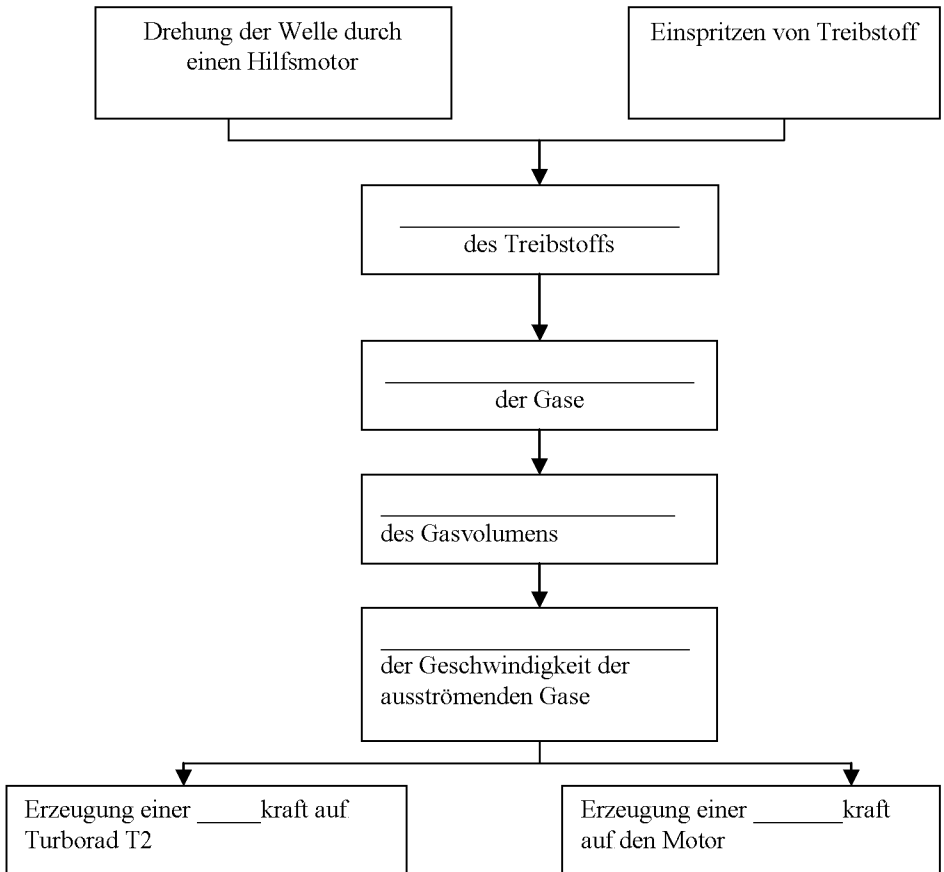
Ein Strahltriebwerk (Abb.2) wird umgangssprachlich **Düsentriebwerk** genannt. Das ist zu den Strahlantrieben gehörendes Triebwerk für Flugzeuge und Flugkörper. Bei allen Strahltriebwerken, außer beim Raketentriebwerk, dient Luft zur Verbrennung und als wesentlicher Anteil der Strahlmasse („Luftatmendes Strahltriebwerk“). Das Strahltriebwerk beruht auf dem gleichen Prinzip.

Wir erkennen, dass der Teil T aus mehreren Stufen besteht. Die erste Stufe ist der Fan (F). Er erzeugt einen Luftstrom, von dem nur ein Teil durch den Motor geleitet wird. Die folgenden Stufen sind der Niederdruck- (N) und der Hochdruckverdichter (H). Beim Start werden die Verdichter durch einen Hilfsmotor in Betrieb gesetzt. Die Verdichter saugen Luft an und komprimieren sie. Dabei steigen ihre Temperatur und damit der Wirkungsgrad der Maschine. Die heiße, verdichtete Luft strömt nun in die Brennkammer (B). Dort wird Treibstoff eingespritzt und verbrannt. Dabei nimmt die Temperatur weiter zu und damit auch Volumen und Strömungsgeschwindigkeit. Die energiereichen Gase treiben die Turbine T2 an, die ebenfalls aus drei verschiedenen Stufen besteht. Die Turbine T1 wiederum treibt den Fan und die Kompressoren an. Einen Teil ihrer Energie haben die Gase an die Turbine abgegeben, aber noch immer enthalten sie eine beträchtliche Menge Energie. Die Gase strömen nun durch die Düse (D). In der Verengung steigt die Geschwindigkeit der Gase weiter an. So erzeugen sie eine Schubkraft, die zusammen mit dem „Kaltstrom“ des Fans das Flugzeug vorwärts bewegt.

**Aufgabe 11.** Beantworten Sie bitte die Frage: Welche Wirkungen haben die folgenden Ursachen? Ergänzen Sie die Tabelle.

Ursache	Wirkung
1. Drehung der Welle 2. Luftstrom 3. Verbrennung von Treibstoff zwischen den beiden Turborädern 4. Drehung der Welle 5. Erhitzung 6. Geschwindigkeitsdifferenz 7. Drehkraft	Entstehen eines Luftstroms

*Aufgabe 12. Ergänzen Sie das Diagramm und beschreiben Sie die Funktionsweise einer Gasturbine.*



**Aufgabe 13.** *Bilden Sie Sätze mit folgenden Vokabeln.*

1. man, sicher, anzuvertrauen, fliegt, wenn, ist, man, mit, einem, den Ozean, oder, es, nicht, doch, man, über, Passagierjet, besser, sich, ist, zweimotorigen, nur, einer, genug, Viermotorigen?

2. über, der, und, nicht, unter diesen Regeln, zuverlässiger, der, Kurzstreckenverkehr, geworden, gar, stattfindet, ist, sicherer, Land.

3. Flughafen, erlaubt, Entfernung, ist, von, 180, vom, erreichbaren, heute, bereits, nächsten, für, zweimotorige, Flugminuten, maximale, Passagiermaschinen.

**Aufgabe 14.** *Diskutieren Sie die Fragen: Welche Triebwerksleistung braucht ein Flugzeug, um den Flug sicher durchzuführen? Wie viel Spielraum bleibt, wenn die Triebwerksleistung plötzlich ab- oder gar ausfällt?*

*Was meinen Sie, wie viel Motoren muss ein modernes Triebwerk haben, um die Sicherheit zu gewährleisten? Begründen Sie Ihre Meinung.*

**Aufgabe 15.** *Lesen Sie den folgenden Text und sagen Sie, mit welchen Flugzeugen würden Sie über den Atlantik fliegen? Warum?*

### **Mit zwei oder vier Motoren über den Atlantik?**

Ist man sicher genug, wenn man mit einem zweimotorigen Passagierjet über den Ozean fliegt, oder ist es nicht doch besser, sich nur einer Viermotorigen anzuvertrauen?

Vor 40 Jahren, zur Zeit der Propellermaschinen, galt eine so genannte Etops-Regelung (Extended Range Twin Engine Operations), die klar vorschrieb, dass sich aus Sicherheitsgründen keine zweimotorige Passagiermaschine mehr als eine Flugstunde vom nächsten erreichbaren Flugplatz entfernen durfte. 1976 weitete dann die Internationale Organisation für die zivile Luftfahrt ICAO (International Aviation Agency) diese Etops-Erlaubnis auf 90 Minuten aus. Heute ist man bereits bei einer maximal erlaubten Entfernung von 180 Flugminuten vom nächsten erreichbaren Flughafen für zweimotorige Passagiermaschinen angelangt.

Die strengen Etops-Auflagen haben einen unerwarteten Effekt erzielt. Der Kurzstreckenverkehr über Land, der gar nicht unter Etops-Regularien stattfindet, ist zuverlässiger und sicherer geworden. Denn eine Reihe von

Luftfahrtgesellschaften hat die strengen Regeln, unter denen Etops-Flüge stattfinden dürfen, inzwischen auf ihre gesamte Flotte übertragen.

Die Etops-Bestimmungen fordern, dass die Maschinen von einem speziell ausgebildeten Mechaniker vor jedem Start etwa 20 Minuten lang überprüft werden müssen, dass zusätzliche Sensoren zur Überwachung der Motoren vorhanden sind, dass auch die so genannten Kabelbäume (Bündel elektrische Leitungen) untersucht werden müssen.

Hochdrucküberprüfungen der Triebwerke und andere, über das Maß normaler Überprüfungen hinausgehende Auflagen sind ebenfalls vorgesehen.

*Aufgabe 16. Erinnern Sie sich, wovon die Flugsicherheit abhängt. Welche Rolle spielt das Triebwerk für die Flugsicherheit.*

*Aufgabe 17. Lesen Sie und finden Sie eine passende Überschrift zum folgenden Text. Bevor Sie lesen, merken Sie sich die Vokabeln.*

abnehmen	уменьшаться
fordern	требовать
die Gefahr	опасность
brechen – der Bruch	ломать - поломка
auslegen	рассчитывать (конструкцию)
aushalten	выдерживать
die Schwingung	колебание
der Aufprall	удар, столкновение
die Zulassung	допуск
der Abstand	расстояние

Jedes Jahr verzeichnet die Statistik einige Fälle von Vogelschlag, doch nimmt die Zahl der dadurch bedingten Unfälle ab. Konstruktive Maßnahmen in den gefährdeten Bereichen der Triebwerke verringern das Risiko.

Triebwerke, besonders die Strahltriebwerke haben eine Anziehungskraft für Vögel. Ob es nun eine kleine Spatz oder ein ausgewachsener Adler ist, für den Vogel, der in diesen Sog gerät, endet die Begegnung mit der Maschine immer tödlich. Dass es für die Insassen des Flugzeuges nicht ebenso ist, darum bemühen sich die Triebwerksbauer.

Von den Zulassungsbehörden werden “vogelschlagsichere” Triebwerke gefordert. So kommt für die Triebwerkentwickler zu den Forderungen nach Schubleistung und Wirtschaftlichkeit auch noch die Vogelschlagsicherheit als entscheidendes Auslegungskriterium hinzu.

Besonders vogelschlaggefährdet ist die erste Stufe der einzelnen Verdichterbaugruppen. Trifft der Vogel hier mit einer ungünstigen Geschwindigkeit und unter einem schlechten Winkel auf, kann der Aufprall zum Brechen von einer oder sogar mehreren Schaufeln führen.

Spezielles Blattdesign verbessert Vogelschlagsicherheit. Heute hilft die Computersimulation bei der Auslegung. Schon während der Designfase kann damit überprüft werden, ob das Blatt die erforderliche Kräfte aushalten wird, wo Schwachpunkte sind, welche Schwingungen nach dem Aufprall entstehen, ob sie zu einem späteren Bruch führen können.

Für die endgültige Zulassung verlangen die Luftfahrtbehörden weiterhin echte Schussversuche auf ein laufendes Serientriebwerk. Für diese letzte Versuche müssen – leider – echte Vögel herhalten, die natürlich tot sind. Eine Kanone von 30 bis 40 Meter Länge, die sich in einem Abstand von sechs bis acht Meter vom Triebwerk befindet, dient für die Schüsse. Die Vögel sind in Kartuschen enthalten, die sich gleich nach dem Kanonenaustritt öffnen. Der Computer hilft diese Versuche zu reduzieren. Entsprechen bei einem Schussversuch die Messungen den simulierten Ergebnissen, reicht für alle weiteren Belastungsfälle der Nachweis per Computersimulation.

**Aufgabe 18.** Erklären Sie die Bedeutung der folgenden Nomen.

Vogelschlag, Strahltriebwerk, Anziehungskraft, Triebwerksbauer, Zulassungsbehörde, Triebwerkentwickler, Vogelschlagsicherheit, Verdichterbaugruppe, Computersimulation, Designfase, Schussversuch, Kurzstreckenverkehr

**Aufgabe 19.** Lesen Sie folgende Wortgruppen, bilden Sie einige Sätze damit.

In den gefährdeten Bereichen, ein ausgewachsener Adler, entscheidendes Kriterium, ein laufendes Serientriebwerk, die simulierten Ergebnisse, eine so genannte Regelung, die maximal erlaubte Entfernung, ein unerwarteter Effekt, die verdichtete Luft.

**Aufgabe 20.** Lesen Sie den folgenden Text. Äußern Sie Ihre Meinung zum Inhalt des gelesenen Textes. Hat das Hyperschalltriebwerk Zukunftsperspektiven?

## Von Frankfurt nach New York in einer Stunde?

### *Hyperschalltriebwerke sollen es möglich machen*

Wissenschaftler hoffen, dass mit Hyperschall-Triebwerken ausgerüstete Flugzeuge eines Tages 8.000 Kilometer pro Stunde (= Mach 7,4) oder sogar noch schneller fliegen werden. In Australien sollen die ersten Tests für ein solches, neuentwickeltes Triebwerk stattfinden.

Die Australier befinden sich in einem internationalen Wettbewerb um die Entwicklung und Flugtests eines Hyperschalltriebwerks. Kurz vor ihnen wird in den USA das Langley Research Center der NASA wahrscheinlich ein solches Triebwerk mit dem Projektnamen Hyper-X testen.

Allerdings ist die australische Variante besonders interessant, weil das Projekt wesentlich weniger gekostet hat. Um den Hyperschallbereich zu erreichen, soll das Triebwerk den Luftstrom bei hohen Geschwindigkeiten mit Wasserstoff verbrennen. Das Gemisch verbrennt dabei rückstandsfrei zu Wasser und Kohlendioxid und schont damit die Umwelt. Das Ziel bei den Flugversuchen ist Mach 7,6 (rund 8.200 Kilometer pro Stunde), während für das viel teurere amerikanische Projekt Mach 7 in einer Höhe von 30 Kilometern angestrebt wird.

Besonders interessant werden Flugzeuge mit Hyperschalltriebwerk für den Start von Satelliten sein. Im Gegensatz zu Raketen müssen sie keinen eigenen Sauerstoff mittransportieren und haben somit mehr Kapazität für Nutzlast.

Das bisher schnellste Flugzeug ist die SR-71 Blackbird, ein Spionageflugzeug der US-Luftwaffe aus den Zeiten des kalten Krieges. Sie schafft Mach 3,1. Die Concorde als schnellstes Passagierflugzeug brachte es auf Mach 2,2. Beide bewegen sich damit noch im Überschallbereich. Der Hyperschallbereich beginnt erst bei Mach 4 (rund 4.300 Kilometer pro Stunde).

*Aufgabe 21. Lesen Sie den folgenden Text und finden Sie dazu eine passende Überschrift.*

Das Power Jet SaM 146 ist eine Familie von Strahltriebwerken, die von dem Joint Venture Power Jet entwickelt wird. Das Triebwerk ist für die neuen Suchoi RRJ vorgesehen. Es handelt sich um ein Zweiwellentriebwerk mit hohem Nebenstromverhältnis und ist für den zivilen Markt vorgesehen.

Das Nebenstromverhältnis ist ein Ausdruck der Luftfahrttechnik. Er beschreibt bei einem Zweistrom-Strahltriebwerk das Verhältnis zwischen dem Luftmassenstrom, der nach der ersten Verdichterstufe der Gasturbine

außen an der Brennkammer vorbeigeführt wird und dem Luftmassenstrom, der innen die Brennkammer des Triebwerks passiert und die Antriebsleistung bereitstellt.

Das Triebwerk SaM 146 ist besonders wartungsfreundlich und robust ausgelegt. Die Verkleidungen sind Bestandteile des Triebwerks und können weit hochgeklappt werden um so einfachen Zugang zum Triebwerk zu ermöglichen. Die Hochdruckturbinen sind einstufig, die Niederdruckturbinen dreistufig ausgelegt. Das Triebwerk verfügt über eine Ringbrennkammer. Die Düse ist mit einem Mixer ausgerüstet. Der Erstlauf des Triebwerks erfolgte am 9. Juli in Rybinsk. Inzwischen wurde im Testbetrieb sogar bis zu 82 kN Schub erreicht und damit die geforderten Schubwerte überschritten. Der Erstflug an einem Testflugzeug IL-76LL erfolgte am 6. Dezember 2007. Am 19. Mai 2008 absolvierte der erste Superjet 100 mit diesen Triebwerken seinen Jungfernflug.

#### Technische Daten

- Schub 68,44 / 77,7 kN
- Bypassverhältnis 4,43 : 1
- Verdichtung 27,5 : 1 / 27,9 : 1
- Länge 2,070 m
- Fan-Durchmesser 1,224 m

## LEKTION V. Triebwerkkomponenten

*Aufgabe 1. Merken Sie sich folgende Vokabeln.*

das Rad	колесо
der Rotor	ротор
der Stator	статор
die Achse	ось
die Stufe	ступень
zunehmen	увеличиваться
abnehmen	уменьшаться
schleudern	центрифугировать, выталкивать
sich bewegen	двигаться
gelangen	попадать
zünden	зажигать
die Flamme	пламя
drehen	вращать
der Winkel	угол
beschleunigen	ускорять

*Aufgabe 2. Kombinieren Sie die Nomen mit den passenden Verben und bilden Sie Sätze damit.*

die Luft, der Kraftstoff, das Triebwerk, der Kolben, der Radialverdichter

durchmischen, zünden, verdichten, arbeiten, sich bewegen, ansaugen, komprimieren, beschleunigen, schleudern

*Aufgabe 3. Lösen Sie Komposita auf und verwenden Sie den richtigen Artikel.*

Brennkammer, Kraftstoff, Luftführungen, Luftschlitze, Brennkammerwand, Brennkammersektion, Zündkerze, Anlassverfahren, Kraftstoff-Luft-Gemisch, Brennkammerbereich, Einzelkammer.

*Aufgabe 4. Lesen Sie die folgenden Texte und erfüllen Sie die danach stehenden Aufgaben.*



## **A. Verdichter**

Bevor die Luft im Triebwerk mit Kraftstoff durchmischt und gezündet werden kann, muss sie stark verdichtet werden. Je stärker die Verdichtung ist, desto effektiver arbeitet das Triebwerk.

Beim Kolbenmotor geschieht die Verdichtung durch die Aufwärtsbewegung des Kolbens nach dem Ansaugen. Beim Turbinentriebwerk wird das Komprimieren durch eigene Verdichter bewerkstelligt<sup>13</sup>.

Es gibt grundsätzlich zwei Arten von Verdichtern:

den Axialverdichter und

den Radialverdichter.

Der Axialverdichter besteht aus mehreren hintereinander angeordneten Schaufelrädern, die abwechselnd (Rotoren) und feststehend (Statoren) sind.

Jeder Rotor beschleunigt die Luft entlang der Drehachse, danach tritt der Luftstrom auf einen Stator und wird wieder abgebremst. Dadurch ergibt sich eine von Stufe zu Stufe zunehmende Luftverdichtung.

Der Radialverdichter schleudert durch seine Drehbewegung die Luft nach außen, wo sie ebenfalls wieder auf einen Stator trifft, der dem Luftstrom Widerstand entgegensetzt und ihn dadurch verdichtet.

## **B. Brennkammer**

Nachdem die Luft verdichtet ist, gelangt sie in die Brennkammer, wo der Kraftstoff eingespritzt und gezündet wird. Durch entstehende Luftführungen und -schlitze wird dafür gesorgt, dass nicht die ganze Luft zur Verbrennung benutzt wird. Ein großer Teil der Luft wird (ohne mit Kraftstoff vermischt zu sein) um die Flamme im Zentrum der Brennkammer herumgeführt und sorgt so dafür, dass die Flamme nicht die Brennkammerwände erreicht und diese beschädigt.

Da es sich bei der Zündung um eine dauernde Flamme handelt, wird die vorhandene Zündkerze nur während des Anlassverfahrens benötigt. Im laufenden Betrieb entzündet sich das Kraftstoff-Luft-Gemisch immer wieder neu an der bereits vorhandenen Flamme.

Dieser Brennkammerbereich kann entweder aus einer einzigen Brennkammer bestehen oder aber aus einem ganzen Ring mehrerer Einzelbrennkammern.

---

<sup>13</sup> bewerkstelligen - осуществлять

### C. Turbine

Nachdem sich das Kraftstoff-Luftgemisch in der Brennkammer entzündet hat, wird es durch einen schmalen Kanal in Richtung Turbine geführt. Diese besteht, wie der Verdichter, aus mehreren drehenden Schaufelradkränzen (Rotoren) und danach folgenden Statoren.

Die Luft trifft auf den ersten Rotor und bringt diesen durch ihre Energie zum Drehen. Danach trifft sie auf einen Stator, der dafür sorgt, dass die Luft wieder so umgeleitet wird, dass sie in einem möglichst effektiven Winkel auf den nächsten Rotor trifft. Bei jeder Turbinenstufe entspannt sich die Luft etwas, so dass die einzelnen Stufen immer größer werden müssen, um die Energie richtig ausnützen zu können.

Die modernen Turbinensektionen bestehen aus zwei Teilen: dem ersten, der den Kompressor antreibt und dem zweiten, der Arbeitsturbine, die für den Antrieb des Rotors zuständig ist.

*Aufgabe 5. Ergänzen Sie die Tabelle.*

	Verdichter	Brennkammer	Turbine
Bestandteile			
Zweckbestimmung			
Verhalten der Luft			

*Aufgabe 6. Beantworten Sie die Fragen.*

1. Welche Rolle spielen die Schaufelräder des Verdichters?
2. Welche Rolle spielen die Einspritzdüsen der Brennkammer?
3. Wozu dienen die Luftführungen und -schlitze der Brennkammer?
4. Wozu dienen die Schaufelkränzen der Turbine?
5. Was geschieht mit der Luft in jeder der Triebwerkskomponenten?

*Aufgabe 7. Ersetzen Sie die dick gedruckten Wörter durch Synonyme aus dem Text.*

1. **Im Prinzip** gibt es zwei Arten von Verdichtern.
2. Im Axialverdichter **entsteht** von Stufe zu Stufe zunehmende Luftverdichtung.
3. Im Verdichter wird die Luft **komprimiert**.
4. In der Brennkammer wird nicht die ganze Luft zur Verbrennung **verwendet**.

5. Im Turbinentriebwerk **braucht** man die vorhandene Zündkerze nur während des Anlaßverfahrens.
6. In der Turbine **gibt es** mehrere drehende Rotoren und danach folgende Statoren.
7. Die einzelnen Stufen der Turbine werden immer größer, um die Energie richtig **benutzen** zu können.

*Aufgabe 8. Stellen Sie die folgenden Absätze in die richtige Reihenfolge.*

A. Der Verdichter saugt große Mengen Luft an, die dann von ihm stark komprimiert als Verbrennungsluft in die Brennkammer gefördert werden.

B. Die dabei an der Turbinenwelle erzeugte mechanische Rotationsenergie dient zum Antrieb des auf der gleichen Welle sitzenden Verdichters sowie über Getriebe zum Antrieb bestimmter Nutzleistungen.

C. Unter einer Gasturbine versteht man nicht nur die reine Strömungsmaschine (Turbine), sondern ein Aggregat, das mindestens aus einem Verdichter, einer Brennkammer und einer Turbine besteht.

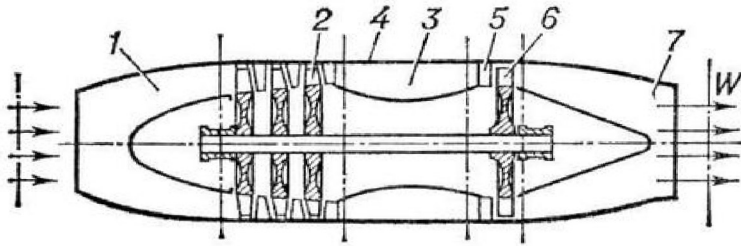
D. Der Brennstoff wird über Düsen in die Brennkammer geblasen und mit der Verbrennungsluft bei gleichbleibendem Druck verbrannt.

E. Die Energieumwandlung in einer Gasturbine läuft prinzipiell in drei bzw. vier Teilschritten ab:

F. Die bei der Verbrennung entstehenden heißen Verbrennungsgase werden schließlich in der Turbine entspannt und treiben diese an.

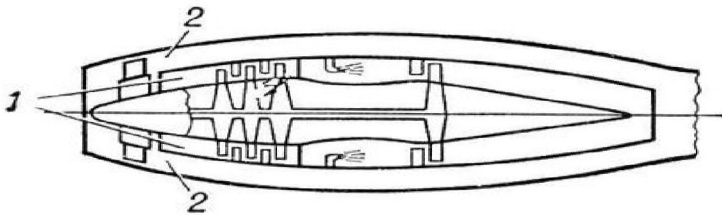
1	2	3	4	5	6

*Aufgabe 9. Finden Sie passende deutsche Äquivalente zu den Bildunterschriften, beschreiben Sie mit deren Hilfe die dargestellten Schemas.*

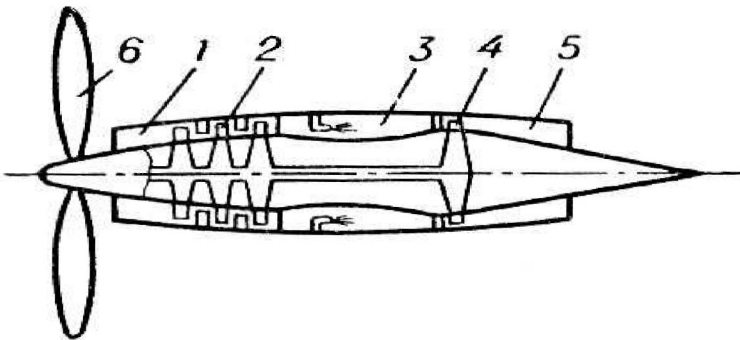


**Abb. 1.** Турбореактивный двигатель:

1 – воздухозаборник; 2 – компрессор; 3 – камера сгорания; 4 – корпус;  
5 – сопловой аппарат турбины; 6 – турбина; 7 – сопло



**Abb. 2.** Двухконтурный турбореактивный двигатель: 1 – внутренний контур;  
2 – наружный контур



**Abb.3.** Турбовинтовой двигатель: 1 – воздухозаборник; 2 – компрессор;  
3 – камера сгорания; 4 – турбина; 5 – сопло; 6 – воздушный винт

## Texte zum Lesen

### Text 1

#### **Pioniere über dem Pazifik**

Es ist der 31. Mai 1928. Der Pilot Charles Kingsford Smith und seine dreiköpfige Crew haben ihre Positionen in der Fokker FVII eingenommen. Vor der Besatzung liegt ein Abenteuer: die erste Flugüberquerung des Pazifik. Das Flugzeug hebt ab und lässt Oakland hinter sich. Ziel der Reise ist das 12 000 Kilometer entfernte australische Brisbane.

Für Kingsford Smith ist das Fliegen schon früh zum Lebensinhalt geworden. "Ich habe eine Sache am Fliegen entdeckt, und das ist, dass meine Zukunft damit verbunden ist." Als dann in den zwanziger Jahren die Ära der Rekordflüge beginnt, sieht er seine Chance gekommen. Die Idee des Pazifiküberflugs lässt ihn nicht mehr los.

Und er bereitet sich vor. Die "Southern Cross" mit drei 220-PS-Motoren, einer Spannweite von 23 Metern und einer Länge von fast 15 Metern hat Proviant für eine Woche an Bord. Auf Grund der gewaltigen Distanz sind zwei Zwischenlandungen vorgesehen. 4 900 Liter Treibstoff hat das Flugzeug in den Tanks. Im Falle einer Notwasserung würde die leer gepumpte Tragfläche als Floß dienen.

Die letzten 2 800 Kilometer sollten die gefährlichsten des gesamten Fluges werden. Blitze zucken durch die Nacht. Wasser schwappt in Kaskaden ins Cockpit. "Bemühen um Navigation ist sinnlos. Wir können nur versuchen, die Maschine stabil zu halten und in der Luft zu bleiben." Mit Glück und Geschick navigiert die Crew durch das Unwetter. Endlich, am 8. Juni 1928, nach einer Flugzeit von 83 Stunden und 38 Minuten, setzt sich die Fokker sicher in Brisbane auf.

Nach diesem Triumph wird Kingsford Smith weltweit für seinen Wagemut und Pioniergeist bekannt. Die Legende des Charles Kingsford Smith lebt weiter. Sein Konterfei<sup>14</sup> ziert die 20-Dollar-Note, und der internationale Flughafen von Sydney trägt seinen Namen.

### Text 2

#### **Luftfahrzeug**

Ein **Luftfahrzeug** ist eine Maschine, die zum atmosphärischen Flug fähig ist. Luftfahrzeuge können in zwei große Kategorien unterteilt werden:

---

<sup>14</sup> das Konterfei - изображение

- schwerer als Luft (Flugzeuge, Tragschrauber, Hubschrauber);
- leichter als Luft (Ballone, Fesselballone und Luftschiffe).

Herkömmliche Flugzeuge mit starren Tragflächen erzeugen Schub mit Hilfe von Propellern oder Luftstrahltriebwerken, wodurch das Flugzeug nach vorne durch die Luft geschoben wird. Durch den speziellen Querschnitt der Tragflächen (Wölbung) und die Anströmsituation (Anstellwinkel, Geschwindigkeit) entsteht ein Druckunterschied zwischen der Flügelober- und der Unterseite, welcher proportional zur Flügelfläche eine Auftriebskraft erzeugt, die das Flugzeug in der Luft trägt.

Segelflugzeuge haben keinen Antrieb und müssen ihren Schub von der Schwerkraft gewinnen. Das heißt, sie müssen relativ zur Luft sinken, um ihre Vorwärtsgeschwindigkeit beizubehalten. Sie können dennoch Höhe halten oder gewinnen, wenn sie in genügend starken Aufwinden fliegen.

Hubschrauber haben einen drehenden Rotor (einen Drehflügel), der sowohl Auftrieb als auch Vorwärtsschub liefert. Tragschrauber haben ebenfalls einen Rotor, der jedoch passiv im Luftstrom mitrotiert, und brauchen daher ebenfalls mindestens ein konventionelles Triebwerk.

Luftfahrzeuge, die leichter als Luft sind, schweben in der Luft aus dem gleichen Grund, aus dem auch ein Schiff im Wasser schwimmt, nämlich Auftrieb durch Verdrängung. Die Luft wird durch ein leichteres Gas wie Helium, Wasserstoff oder Heißluft verdrängt und der Auftrieb entsteht aus dem Gewichtsunterschied der Gase. Ballone haben keinen Antrieb und treiben mit dem Wind, Luftschiffe sind aerodynamisch geformt, mit Propellern ausgestattet und dadurch lenkbar.

### Text 3

#### **Wie funktioniert ein Strahltriebwerk?**

Sein Wirkungsprinzip ist der Rückstoß. Die gleiche Wirkung treibt den durchs Zimmer fliegenden Luftballon an, der sich dabei blubbernd entleert. Was der Luftballon nur kurz kann, macht das Strahltriebwerk viel länger. Es bläst auch hinten Luft heraus. Dazu saugt es aber ständig vorne Luft ein. Für einen großen Rückstoß - dessen Wirkung man Schub nennt - muss möglichst viel Luft - und diese Luft - was noch wichtiger ist - möglichst schnell hinten aus dem Triebwerk ausströmen. Dies erreicht man, indem im Triebwerk die Luft mit brennendem Kraftstoff aufgeheizt wird. Dadurch dehnt sich die Luft enorm aus, und ein viel größeres Luftvolumen als vorne einströmt, verlässt nun hinten das Triebwerk. Das schafft die Luft nur, indem sie mit außerordentlich großem Tempo durch die Düsenöffnung strömt. Bei einem Jumbotriebwerk kann das 2250 km/h betragen. Nur

wegen der dabei herrschenden Temperatur von 575°C ist diese Geschwindigkeit noch unterhalb der Schallgeschwindigkeit. Im Inneren dieses Triebwerks befindet sich vorne ein drehender Kompressor. Er ist es, der die Luft vorne einsaugt und zur Brennkammer führt. Nachdem der brennende Kraftstoff durch seine Wärme das Luftvolumen in genannter Weise vergrößert hat, strömt es nicht sofort hinten heraus, sondern treibt noch schnell eine Turbine an. Diese Turbine sitzt nicht zufällig auf der gleichen Welle mit dem Kompressor - der dadurch angetrieben wird. Außerdem - von der gleichen Welle angetrieben - und noch vor dem Kompressor sitzend ist ein übergroßes Gebläserad, der Fan. Er besteht aus vielen nebeneinanderliegenden Propellerblättern. Man sieht diese sogenannten Fanschaufeln, wenn man vorne in das Triebwerk schaut. Dieser Fan wirkt wie der Propeller an einem kleinen Flugzeug. Interessant ist, dass er das Triebwerk leise macht und beim Start den größten Schub liefert.

#### Text 4

##### **In Sekunden verbunden**

*Der Internet-Zugang mitten über dem Atlantik ist jetzt auch in Verkehrsflugzeugen verfügbar. Neben dem Komfort für Passagiere gibt es auch für Besatzungen wichtige Anwendungen – von Wetterinformationen bis zur Telemedizin.*

Die Lufthansa- Passagiere an Bord der Boeing 747-400 “Sachsen-Anhalt” konnten in den vergangenen Monaten einen Service nutzen, der neue Maßstäbe in der Informationstechnologie setzt. Über ein so genanntes Wireless Local Area Network (WLAN)<sup>15</sup> waren sie mit drahtlosen Laptop- Computern innerhalb von Sekunden online und konnten mit einer höheren Übertragungsgeschwindigkeit im Internet surfen als mit den meisten Computern am Boden. Und das, obwohl sie mit 950 Kilometern pro Stunde in über 10 000 Meter Höhe über dem Nordatlantik reisten!

Als erste Airline der Welt testet Lufthansa das “Connexion by Boeing”- Breitband- Satellitensystem in einem Linienflugzeug. Das Herzstück bildet eine kompakte Flachantenne, die auf dem Dach des Jumbos kurz hinten dem Oberdeck installiert ist. Sie richtet sich auf die geostationären Satelliten in 36 000 Kilometer Höhe aus, über die die Datenübertragung vom Flugzeug aus läuft. Die Informationsströme legen dann noch einmal dieselbe Entfernung vom Satelliten bis zur Bodenstation zurück, wo die Daten ins Internet gespeist werden.

---

<sup>15</sup> Беспроводная сеть передачи данных

Die neue Breitbandtechnik bietet nicht nur den Passagieren Möglichkeiten der Kommunikation. Die Besatzung kann dieses System zur Verbesserung der Abläufe an Bord einsetzen. Das Programm bietet Flugbegleitern via Satellit Zugriff auf neuste Daten für ihre Umlaufplanung und schnelle Kommunikation mit ihrer Dienststelle. Piloten haben mit dem Zugang zum Crewportal der Lufthansa die Möglichkeit, während des Fluges aktuelle Streckeninformationen und Wetterdaten zu nutzen oder Informationen vom Zielflughafen abzurufen.

Sogar Lebensretter könnte das neue System werden. Wenn Passagiere während des Fluges erkranken, ist nach Übermittlung der Vitalparameter vom Boden aus eine genaue Diagnose möglich. Die Crew wird in der Lage sein, lebensrettende Maßnahmen einzusetzen.

## Text 5

### **Alles über ... Flugzeuge**

Seit Jahrhunderten träumen Menschen vom Fliegen, vom Gleiten durch die Lüfte, ganz wie ein stolzer Vogel. In den ersten Jahren des 20. Jahrhunderts war es soweit. Die Brüder Wright entwickelten die erste Flugmaschine und machten auf diese Weise den ersten Schritt für die moderne Luftfahrt, die sich in den folgenden Jahrzehnten rasant entwickeln sollte.

Am 17. Dezember 1903, in der weiten Dünenlandschaft von Kitty Hawk in North Carolina, hebt zum ersten Mal eine motorgetriebene, von Menschenhand gelenkte Flugmaschine in die Luft ab und kann zwölf Sekunden lang fliegen. Die Brüder Wilbur und Orville Wright lösten mit diesem Flug die Entwicklung für die moderne Luftfahrt aus.

Schon bald machten sich experimentierfreudige und abenteuerlustige Menschen daran, die Technik der fliegenden Maschinen zu verbessern. Flieger aus Holzrahmen mit Stoffbespannungen als Flügel, die von mehreren Drahtseilen gelenkt werden konnten, wurden schließlich durch komplizierte Konstruktionen ersetzt.

Nur wenige Jahre später konnten Flugmaschinen mit einer Geschwindigkeit von 150 Stundenkilometern bis zu 6.000 Meter hoch fliegen und die Zuschauer mit Loopings beeindrucken.

Der Erste Weltkrieg brachte der Luftfahrt neue und verbesserte Techniken. Es wurde der Jäger geboren, der mit einem Maschinengewehr durch die rotierenden Blätter seines Propellers schießen und selber durch taktische Manöver dem Gegner ausweichen konnte.

Nachdem in der Folge die Instrumente verbessert wurden, wagte man sich an Langstrecken-Passagierflüge. In den 20er und 30er Jahren erfreuten sich



Flugboote großer Beliebtheit. Diese Transportmittel waren jedoch fast unbezahlbar und nur die reichsten Menschen jener Zeit konnten sich damit vergnügen.

Die modernsten Passagierflugzeuge der 30er Jahren konnten allerdings nur bis in eine Höhe von rund 3.000 Metern fliegen, da es noch keine Druckkabinen gab, die den Luftdruckunterschied hätten ausgleichen können.

Als der Erste Weltkrieg zu Ende war, wurde die kommerzielle Luftfahrt wieder interessanter. Ein enormer Schritt konnte durch die Entwicklung der Druckausgleichskabinen erzielt werden. Die berühmte Comet des britischen Flugzeugbauers Havilland wurde gebaut.

Die große Zahl an tragischen Unfällen dieses Flugzeugtyps veranlasste die Flugzeugbauer zu Änderungen der Fenster, die bald schon ihre heutige Form erhalten sollten, damit keine Risse entstehen konnten.

Auch die Black-Box, ein Datenaufzeichnungssystem, und der Voice-Recorder sind Entwicklungen im Dienste der Sicherheit. Während dieser Untersuchungen brachte man die ersten Linienjets auf den Markt, die Tu-104 und die Boeing 707. Militärflugzeuge wie Passagierflugzeuge verfügen schon heute über perfektionierte Techniken, Baustoffe, Instrumente, wie Bordcomputer, und Flugsicherung durch das Bodenpersonal auf den Flughäfen, doch hat die Entwicklung der Luftfahrt noch kein Ende genommen. Möglicherweise werden eines Tages unbemannte Flugzeuge die Lüfte durchkreuzen.

## Text 6

### Neuigkeiten aus den Konstruktionsbüros

Einige Hersteller werden zu einer kräftigeren Flugzeugherstellergruppe. In dieser Gruppe werden Firmen wie Jakovlev, Tupolev und einige Flugzeugbauwerke zusammengefasst. In dieser Bündelung sehe man die einzige Chance für die russischen Flugzeughersteller, wieder auf festen Füßen zu stehen. Die ersten Verträge für dieses Konsortium seien bereits unterschrieben. Dieser Gruppe wurde der Zuschlag zum Bau des Nachfolgers der veralteten Tu-154 und Jak-42-Flotte erteilt. Dieser MS-21 genannte Airliner wird eine Sitzkapazität für 130 bis 170 Passagiere haben. Es wird eine hochmoderne zweistrahlige Maschine mit einem hohen Anteil an Kompositionswerkstoffen zur Gewichtsreduktion werden. Wladimir Beljakov nannte die Maschine in Anlehnung an Boeings derzeitige Pläne "das 7E7-Programm Russlands". Vom Aussehen her wird sie der Airbus 320-Familie nahe kommen. Der Startschuss für die Konstruktion sollte 2004 erfolgen, der Erstflug war für das Jahr 2008 vorgesehen. Eine weitere

Neuerung ist die Il-96-93. Die zweite Zahl bezeichnet die Ausrüstung dieser Maschine mit dem neuen Turbofantriebwerken NK-93. Das Flugzeug sollte bereits Ende 2003 in die Erprobung gehen. Aber auch auf dem Gebiet der Fracht- bzw. Militärfrachtluftfahrt ist man bei Iljuschin rege tätig. Die Il-112 W macht gute Entwicklungsfortschritte. Dieses als Ersatz für die alternde An-26-Flotte gedachte Flugzeug wird durch die Verwendung von bis zu 90 Prozent der Il-114-Baugruppen recht schnell als Originalmaschine erstellt werden können.

Der neue Regionalliner RRJ-75 wird unter der Führung von Suchoj mit Partnern wie Iljuschin, Jakovlev und Boeing entwickelt. Die Baureihe wird mit einer Sitzkapazität von 60 bis 98 Plätzen die vorgenannte MS-21 Serie nach unten abrunden. Die RRJ peilt von Anfang an auch den Internationalen Markt an, wobei die günstigen Fertigungskosten in Russland zusammen mit dem internationalen Vertriebs- und Wartungsnetz auf dem Weltmarkt für Furore sorgen werden.

Es sind noch die Neuigkeiten von Antonov zu erwähnen. Der zweistrahlige Nah- und Mittelstreckenliner An-148 steht mit zwei Prototypen kurz vor seiner Vollendung. Die erste Maschine sollte Ende 2003 fertig sein und im Frühjahr 2004 seinen Erstflug ausführen. Die Maschine konnte bis zu 80 Passagiere transportieren und besitzt eine max. Reichweite von 5100 km. Die An-124-100M sollte mit einer auf 150 t erhöhten Nutzlast bei einer Reichweite von 8100 km ab dem nächsten Jahr fliegen.

## Text 7

### Hersteller

Der Bau großer Passagiermaschinen überfordert längst die Kapazität einzelner Firmen, ja sogar ganzer Nationen. Das Airbus-Konsortium ist ein Beispiel für eine internationale Kooperation, die aus diesem Sachzwang heraus gegründet wurde. Die einzelnen nationalen Flugzeugkonzerne, welche die Großkomponenten der Maschinen (wie etwa Tragflügel) fertigen, vergeben wiederum Teilsysteme und deren Einzelkomponenten zur Vorfertigung an hoch spezialisierte Firmen. In riesigen Hallen erfolgt dann die Endmontage der Komponenten, wobei die Maschinen entweder stationär oder auf transportablen Gestellen komplettiert werden.

Der Markt für Maschinen mit über hundert Sitzplätzen wurde bis in die 1970er-Jahre von vier Herstellern beherrscht: Airbus Industries in Europa sowie McDonnell-Douglas, Lockheed und Boeing in den USA. Lockheed zog sich schon früh aus dem Zivilgeschäft zurück, und die McDonnell-Douglas-Corporation wurde Ende 1996 von Boeing aufgekauft. Somit sind

heute nur noch zwei Wettbewerber übrig. Boeing hielt 1997 weltweit bei Großraumflugzeugen einen Marktanteil von etwa zwei Dritteln. Airbus Industries, der zweite Hersteller, wurde 1970 als Firmenkonsortium gegründet und umfasst drei Privatkonzerne, die Aérospatiale Matra (Anfang 1999 hervorgegangen aus dem französischen Staatskonzern Aérospatiale), der deutschen Daimler-Chrysler Aerospace AG (DASA; seit Ende 1998 Nachfolgerin der Daimler-Benz Aerospace AG) und der British Aerospace sowie ferner dem spanischen Staatskonzern CASA. Die komplizierte Konzernstruktur, teilweise unter Einflussnahme verschiedener Staatsregierungen, und die verteilten Produktionsorte für die Airbus-Komponenten bedingen im Vergleich zu Boeing eine geringere Effizienz. Eine organisatorische Straffung steht allerdings bevor, indem die beteiligten Firmen planen, sich zu einem einzigen, privatwirtschaftlich geführten Unternehmen zu vereinigen. Ein Wettbewerbsnachteil des Airbus-Konsortiums ist auch das weniger umfangreiche Angebot an Modellen. Das Airbus-Konsortium stellt für Boeing harte Konkurrenz dar: 1997 lieferte Boeing 374, Airbus 182 Maschinen aus; Boeing sicherte sich 568 Neubaufträge, Airbus 460. Beide Hersteller kämpfen erbittert um Marktanteile. Preisabschläge und attraktive Leasingangebote sollen den Luftfahrtgesellschaften die jeweiligen Maschinen schmackhaft machen.

Im Schatten der beiden großen Hersteller und ihrer Tochterfirmen gibt es noch eine Reihe von Flugzeugbauern, die kleinere Verkehrsmaschinen anbieten, wie etwa DHC oder auch Dornier. Auch der Markt für Maschinen mit bis zu 100 Sitzplätzen ist stark umkämpft; manche Hersteller (wie Fokker) mussten schon aufgeben. Völlige Neuentwicklungen sind sehr teuer, so dass man sich oft darauf beschränkt, bewährte, ältere Typen zu modernisieren. Gewöhnlich bekommen sie neue Triebwerke und Instrumentensysteme.

## Text 8

### **Eine revolutionierende Entwicklung**

Kaum eine technische Entwicklung hat die Luftfahrt so revolutioniert wie die Erfindung des Strahltriebwerkes in der zweiten Hälfte der 30er Jahre. Heute treiben die Nachfahren des Heinkel HeS-1 fast alles an, was fliegt, seien es Regionalflugzeuge mit ihren Turboprops, Airliner mit ihren mächtigen Turbofans oder überschallschnelle Kampffjets.

## **Die Idee**

Es war ein völlig neues Konzept: Luft sollte durch einen thermodynamischen Prozess im Triebwerk beschleunigt werden und durch die so entstandene Impulsdifferenz eine Vortriebskraft erzeugen – das Rückstoßprinzip. Es funktionierte:

Im September 1937 lief das wasserstoffbetriebene HeS 1 am Boden. Im August 1939 flog die Heinkel He 178 als erstes Flugzeug mit dem neuen Antrieb.

Das HeS 3B – nun mit Benzin als Brennstoff – erreichte knapp 4500 Newton (N) Schub.

Auch der Zweite Weltkrieg förderte die technische Entwicklung der Luftfahrt. Jagdflieger schafften Höchstgeschwindigkeiten von 600 Kilometern in der Stunde. Doch damit war die Grenze dessen erreicht, was ein Propeller schaffen kann. 1939 präsentierte Ernst Heinkel eine technische Sensation: Ein Flugzeug mit Strahltriebwerk statt Propellern - die düsengetriebene Heinkel He 178. Heute liefern die großen Turbofan-Triebwerke von Rolls-Royce, General Electric oder Pratt & Whitney Startschübe von über 400000 N – das entspricht einer Leistung in der Größenordnung von 30000 Kilowatt (kW). Die technische Entwicklung hat riesige Schritte gemacht, doch das Grundprinzip ist nahezu gleich geblieben.

## **Text 9**

### **Das Grundprinzip**

Im Verdichter wird die durch den Einlauf dem Triebwerk zugeführte Luft verdichtet und gleichzeitig abgebremst.

In der Brennkammer wird die hochverdichtete Luft mit Brennstoff vermischt und das Gemisch kontinuierlich verbrannt.

In der nachfolgenden Turbine wird der Strömung durch Entspannung ein Teil der Leistung entzogen, um den Verdichter anzutreiben. Die Vortriebskraft wird schließlich in der (Schub-) Düse erzeugt. Um eine Schubwirkung zu erzielen, muss die Austrittsgeschwindigkeit der Luft größer sein als die Eintrittsgeschwindigkeit und damit größer als die Fluggeschwindigkeit. Der Schub entspricht – vereinfacht – der Multiplikation von Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Triebwerksein- und austritt und Massenstrom. Der Massenstrom gibt an, wie viel Kilogramm Luft pro Sekunde durch das Triebwerk strömen.

Somit unterscheidet sich die Arbeitsweise eines Turbinenluftstrahltriebwerks (TL) – eine Bauform der Gasturbine – in einigen Gesichtspunkten fundamental von der eines Kolbenmotors. Zwar wird bei beiden Luft verdichtet, Energie in Form von Brennstoff zugeführt und das Luft-Brennstoff-Gemisch verbrannt, doch während diese Vorgänge beim Kolbenmotor an einem Ort – im Zylinder – ablaufen, existiert beim Strahltriebwerk für jeden dieser Vorgänge eine eigene Komponente. Das Strahltriebwerk hat daher den Vorteil, dass die Bauteile auf ihre Funktion hin optimiert werden können, was sich zum Beispiel im Emissionsverhalten äußert. Beim Turbinenluftstrahltriebwerk (TL) wird die Kraftwirkung durch die Strömungskräfte erzeugt, beim Kolbenmotor dagegen durch Druckkräfte auf den Kolben. Die oszillierende – hin und her gehende – Bewegung des Kolbens ist der Hauptgrund, warum sich der Kolbenmotor als Antrieb in der Luftfahrt nicht durchgesetzt hat. Bei größerem Leistungsumsatz erzeugt diese Bewegung erhebliche Kräfte, die von der Motorstruktur aufgenommen werden müssen.

Die Folge: Der Motor wird durch die notwendigerweise massive Bauart zu schwer, um im Flugzeug sinnvoll einsetzbar zu sein. Dagegen gibt es bei der Gasturbine nur rotierende Bewegungen der Schaufelräder um eine Achse, so dass eine sehr viel größere Leistungszufuhr möglich ist.

Kolbenmotoren finden sich heute nur noch bei Flugzeugen mit geringem Leistungsbedarf, bis etwa 250 kW arbeitet ein Kolbenmotor effektiver als eine Gasturbine.

## Text 10

### **Der Einlauf – nur ein Rohr?**

Eigentlich ist der Einlauf „nur“ ein Rohr, durch das die vom Triebwerk benötigte Luft dem Verdichter zugeführt wird. Ganz so banal ist die Sache natürlich nicht – sonst könnte man den Einlauf auch weglassen. Mit der geometrischen Gestaltung des Einlaufs soll vor allem erreicht werden, dass die Anströmung des Verdichters stabil, möglichst gleichmäßig über dem Querschnitt und mit einer für den Verdichter optimalen Geschwindigkeit (etwa Mach 0,5 bis 0,6) erfolgt – und das bei möglichst geringen Druckverlusten und in allen Fluglagen. Gerade die letzte Forderung führt zu Kompromissen:

Steht das Flugzeug am Start und benötigt vollen Schub, ist die Anströmgeschwindigkeit natürlich Null – die Luftströmung muss im Einlauf beschleunigt werden. Im Reiseflug eines Verkehrsflugzeuges mit etwa

Mach 0,8 hingegen ist die Anströmgeschwindigkeit zu groß – sie muss im Einlauf reduziert werden. Um eine gleichmäßige und stabile Strömung zu erreichen, muss die Kontur möglichst glatt sein, mit einer abgerundeten Einlaufvorderkante soll bei Unterschalleinläufen Strömungsablösungen verhindert werden. Überschalleinläufe sind auf Grund des großen abzudeckenden Geschwindigkeitsbereichs in der Regel erheblich komplexer, je nach Ausführung verstellbar. Hier wird die Überschallströmung gezielt durch Verdichtungsstöße auf Unterschallgeschwindigkeit gebracht, was eine völlig andere Formgebung erfordert. Zudem muss, wenn die Einläufe – wie meist bei Kampfflugzeugen – am Rumpf angebracht sind, verhindert werden, dass die energieärmere Rumpfgrenzschicht in den Einlauf strömt. Das geschieht zum Beispiel durch Trennbleche.

## Text 11

### **Der Verdichter – Druckaufbau**

Verdichter sind Turboarbeitsmaschinen – mechanische Arbeit wird in Strömungsenergie umgewandelt. Mechanische Energie steht in Form von sogenannter Wellenarbeit zur Verfügung: Der Verdichter wird von der Turbine angetrieben und dreht sich damit. Beide Bauteile sind über eine Welle miteinander verbunden – daher der Namen „Wellenarbeit“ – und stehen, wenn man Übertragungsverluste vernachlässigt, im Leistungsgleichgewicht. Die Wellenarbeit wird an die durch den Verdichter strömende Luft abgegeben, der Druck der Luft und damit ihr Energiegehalt steigt.

Das Gesamtverdichtungsverhältnis – das Verhältnis der Drücke hinter und vor dem Verdichter – ist im Lauf der Entwicklung im Hinblick auf einen geringen Kraftstoffverbrauch immer weiter erhöht worden. Aktuelle Triebwerke wie das BMW-Rolls-Royce BR710 oder das CF6 von General Electric erreichen Verdichtungsverhältnisse von etwa 30.

Der Radialverdichter nutzt die Zentrifugalbeschleunigung aus und erreicht pro Stufe ein höheres Verdichtungsverhältnis als die axiale Variante. Allerdings ist der Luftdurchsatz beschränkt und die Strömungsverluste sind größer, so dass bei fast allen aktuellen Triebwerken Axialverdichter mit mehreren hintereinander geschalteten Stufen eingesetzt werden. Eine Stufe besteht aus einem sich drehenden Lauf- und einem feststehenden Leitrad, deren Schaufeln ähnliche Profile haben wie Tragflügel. Im Laufrad erfolgt die eigentliche Energiewandlung, das heißt, die Energieübertragung von der

Stufe auf die Luft. Das nachfolgende Leitrad hat die Aufgabe, den in der Strömung enthaltenen Drall in potentielle Druckenergie umzuwandeln. Da im Leitrad keine Arbeit von außen zugeführt wird, bleibt die Gesamtenergie der Strömung – wiederum von Strömungsverlusten abgesehen – konstant.

## Text 12

### **Die Brennkammer – Energiezufuhr**

Die Brennkammer ist der einzige Ort, an dem der strömenden Luft Energie von außerhalb des Prozesses zugeführt wird – in Form von Brennstoff. Eine Zufuhr ist notwendig, da die Luftströmung am Triebwerksaustritt eine höhere (kinetische) Energie haben muss als am Eintritt. Während die Verbrennung im Kolbenmotor bei konstantem Volumen abläuft, herrscht in der Brennkammer ein nahezu konstanter Druck. Der Zuwachs an Energie im Gas erfolgt also primär über eine Temperaturerhöhung – auf bis zu 2000 °C. Da es keinen Werkstoff gibt, der diesen Temperaturen widerstehen kann, müssen die Brennkammerwände vom heißen Gas abgeschirmt werden. Das geschieht durch eine Isolierschicht aus kühlerer Luft. Ziele einer Brennkammerauslegung sind eine möglichst vollständige Verbrennung des Treibstoffs (dazu ist eine gute Durchmischung sowie ein optimales Brennstoff-Luft-Verhältnis notwendig), eine kompakte Bauweise, ein geringer Druckverlust und – immer mehr im Blickpunkt – möglichst geringe Emissionen!

In der Regel wird viel mehr Luft der Brennkammer zugeführt, als für ein optimales Brennstoff-Luft-Verhältnis notwendig, so dass nur ein Teil des Luftsauerstoffs zur Verbrennung herangezogen wird. Die Geschwindigkeit des Luftstroms wird im Brennkammereintritt oft noch mal – unter weiterem Druckaufbau – reduziert, da bei zu hoher Geschwindigkeit die Flamme weggeblasen werden könnte und die maximale Energiezufuhr in der Brennkammer kleiner wäre.

## Text 13

### **Die Turbine – ein umgedrehter Verdichter**

Die Turbinenschaufeln sind die am höchsten belasteten Bauteile des Triebwerks, sie sind dem heißen Abgasstrahl der Brennkammer ausgesetzt – ausgeklügelte Kühlmechanismen sind erforderlich.

Aus kleinen Löchern in den Schaufeln tritt aus dem Verdichter abgezapfte Kühlluft aus, um wie in der Brennkammer eine Isolationsschicht zu bilden. Aufgabe der Turbine ist primär der Antrieb des Verdichters. Dazu wird der Strömung Energie entzogen – Druck abgebaut – und in mechanische Wellenenergie umgewandelt, also genau die Umkehrung dessen, was im Verdichter passiert. Prinzipiell wäre auch eine Radialturbine vorstellbar, doch genutzt werden praktisch nur axial durchströmte Turbinen. Wie beim Verdichter besteht auch hier eine Stufe aus einem Lauf- und Leitrad.

Bei der Turbine in umgekehrter Reihenfolge: Leit- vor Laufrad.

## Text 14

### **Die Düse – Schub entsteht**

Natürlich ist der Energiegehalt der ausströmenden Luft nach der Teilentspannung in der Turbine noch nicht erschöpft. Im optimalen Fall – ohne Verluste – stünde die durch den Brennstoff zugeführte Energie zur Verfügung. Die Düse hat die Aufgabe, die in der Strömung noch enthaltene Energie in Vortrieb, Schub umzusetzen. Das geschieht, indem die potentielle (Druck-) Energie des ausströmenden Gases durch Entspannung in kinetische Energie umgewandelt wird. Das Gas strömt mit hoher Geschwindigkeit aus der Düse.

Unterschalldüsen sind konvergente Düsen – ihr Querschnitt verringert sich. Für den Überschallflug sind konvergente Düsen dagegen nur bedingt geeignet, ihre Ausströmgeschwindigkeit ist auf Mach 1 begrenzt. Die Schallgeschwindigkeit ist temperaturabhängig und steigt mit höheren Temperaturen an.

Da aber die Temperatur im Abgasstrahl erheblich über der Außentemperatur liegt, ist die – absolute – Austrittsgeschwindigkeit größer als die auf das Flugzeug bezogene Schallgeschwindigkeit, so dass sich mit einer konvergenten Düse dennoch Fluggeschwindigkeiten von über Mach 1 erzielen lassen.

Für größere Geschwindigkeiten werden sogenannte Laval-Düsen verwendet, deren Querschnitt sich erst verengt, um dann wieder größer zu werden. Praktische Ausführungen von Überschalldüsen sind – wie die Einläufe – wegen des großen Geschwindigkeitsbereiches sehr komplex und im Gegensatz zu den meisten Unterschalldüsen mit variabler, regelbarer Geometrie ausgestattet.



## Text 15

### Warum überhaupt verdichten?

Jetzt mag man sich die Frage stellen: Warum denn der ganze Aufwand mit der Verdichtung? Schließlich wird die umzusetzende Energie in der Brennkammer zugeführt, im Verdichter nur die Energie, die in der Turbine wieder entzogen wird.

Da ein Strahltriebwerk eine Strömungsmaschine ist und die Brennkammer kein definiertes Volumen hat, in dem die Verbrennung abläuft, lässt sich eine Gleichraumverbrennung wie beim Kolbenmotor nicht realisieren. Prozessbedingt wird eine – annähernde – Gleichdruckverbrennung verwendet, wobei man sich die Eigenschaft von Gasen zu Nutze macht, bei höheren Temperaturen mehr Energie für eine Verdichtung zu benötigen.

Anders herum: Um die kühlere Luft zu verdichten wird weniger Energie benötigt, als bei der Expansion bei hohen Temperaturen frei wird. Das erklärt auch, warum die Brennkammeraustrittstemperatur seit der Erfindung des Strahltriebwerks ebenso wie das Verdichtungsverhältnis immer weiter angehoben wurde. Allerdings haben hohe Temperaturen nicht nur Vorteile: Sie müssen einerseits materialtechnisch beherrschbar sein und begünstigen zum anderen die Stickoxid-Bildung.

## Text 16

### Wirkungsgrade – Mass für Effektivität

Betrachtet man das Triebwerk als Ganzes, ist es das Ziel, die in der Brennkammer zugeführte Energie möglichst effektiv – das heißt: mit möglichst geringen Verlusten – in Schub umzuwandeln. Die Effizienz dieser Umsetzung wird durch sogenannte Wirkungsgrade erfasst.

Bei Strahltriebwerken unterscheidet man zwischen dem inneren und dem Vortriebswirkungsgrad.

Beide zusammen ergeben den Gesamtwirkungsgrad des Triebwerks. Der innere Wirkungsgrad beschreibt die Effizienz des thermodynamischen Prozesses und entspricht dem Verhältnis von Brennstoff- zu Nutzleistung (auf die Zeit bezogene kinetische Energie). Der Vortriebswirkungsgrad erfasst die Umwandlung von Nutz- in Schubleistung und ist somit als Verhältnis dieser beiden Leistungen definiert. Die Differenz zwischen Nutz- und Schubleistung wird Verlustleistung genannt – sie entspricht der im Strahl verbliebenen kinetischen Energie, die nicht in Schub umgesetzt werden kann. Die Wirkungsgrade sagen also

nichts darüber aus, wie viel Schub ein Triebwerk liefert, sondern mit welchem Energieaufwand dieser Schub erreicht wird.

Beispiel: Im Flugzustand A liefert ein Triebwerk 60.000 N Schub und verbraucht 0,5 Kilogramm Brennstoff pro Sekunde.

Im Flugzustand B wird der Schub auf 120.000 N erhöht, damit das Flugzeug 1,5 mal so schnell fliegt, wobei allerdings mit zwei Kilogramm Kerosin pro Sekunde die vierfache Menge an Brennstoff verbraucht wird.

Zwar wird im Flugzustand B mehr Schub erzeugt, zwar fliegt das Flugzeug schneller, aber der Gesamtwirkungsgrad liegt wegen des stärker steigenden Treibstoffverbrauchs dennoch um 25 Prozent unter dem des Flugzustandes A.

## Text 17

### **Sind Propeller altmodisch?**

Schaut man sich an, was die Hersteller zum Antrieb ihrer Flugzeuge verwenden, wird eine große Vielfalt deutlich – Begriffe wie Turbofan und Turboprop sind bereits gefallen. Militärtransporter wie die Transall oder Regionalverkehrsflugzeuge wie Do328 verwenden Turboprop-Triebwerke, die Airliner von Boeing und Airbus oder auch Business-Flieger wie die Gulfstream hingegen Turbofans.

Das in den vorigen Abschnitten ausführlich beschriebene Strahltriebwerk wird auch als Turbojet bezeichnet und kann als Basisaggregat angesehen werden. Alle anderen Bauformen bauen darauf auf. Doch wie kommen die Ingenieure dazu, hier ein Turbofan und dort ein Turboprop zu installieren? Sie haben den Vortriebswirkungsgrad etwas genauer unter die Lupe genommen. Das Ergebnis: Je größer die Geschwindigkeitsdifferenz zwischen Triebwerksein- und austritt, desto kleiner ist der Vortriebswirkungsgrad.

Die Konsequenz: Geringere Geschwindigkeitsdifferenz für einen guten Vortriebswirkungsgrad und einen großen Massendurchsatz, um dennoch ausreichend Schub zu erzeugen. Am besten wird das bei Propellertriebwerken umgesetzt, obwohl diese von vielen – zu Unrecht – als eher altmodische Antriebsvariante eingestuft werden. Moderne Propelleraggregate sind mit den Strahltriebwerken weit enger verwandt als mit den in der Luftfahrt eingesetzten Kolbenmotoren – auch wenn es äußerlich gar nicht so aussieht.

Turboprops sind Gasturbinen und arbeiten prinzipiell genau so wie das Turbojet, der Schub entsteht freilich auf andere Weise: Die Turbine wird

nicht nur dazu genutzt, den Verdichter anzutreiben, sondern – über ein Untersetzungsgetriebe – auch einen Propeller.

Dem Luftstrahl wird in der Turbine also nahezu die gesamte Energie entzogen, die Schubwirkung durch Entspannung in der Düse ist vernachlässigbar klein.

Bei geringen Geschwindigkeiten haben Turboprops den höchsten Vortriebswirkungsgrad, damit die beste Umsetzung von Brennstoff- in Schubleistung.

Der Grund: Hoher Massendurchsatz, geringe Differenz zwischen den Geschwindigkeiten vor und hinter dem Propeller. Bei höheren Flugmachzahlen allerdings treten am Propeller durch Überlagerung von Propellerdreh- und Fluggeschwindigkeit Machzahlen von über eins auf, was den Widerstand drastisch erhöht und den Wirkungsgrad herabsetzt.

Durch eine spezielle, meist sichelförmige Formgebung der Propellerblätter soll das Auftreten von Überschallgebieten auf den Blättern hin zu höheren Fluggeschwindigkeiten verschoben werden, wie es bei den Propfan-Projekten oder auch bei der neuen An 70 versucht wird.

## Text 18

### Was ist ein Turbofan?

Im für den zivilen Flugverkehr wichtigen Geschwindigkeitsbereich im hohen Unterschall – die großen Airliner haben Reisefluggeschwindigkeiten von etwa Mach 0,8 bis 0,9 – arbeitet das Turboprop also wenig effektiv. Auch das Turbojet, das im Überschall die beste Lösung darstellt, hat dort einen schlechten Wirkungsgrad.

Als „Lückenfüller“ dient das Turbofan-Triebwerk, ein Kompromiss zwischen Turbojet und Turboprop. Es besteht, wie der offizielle Name Zweikreis-Turbinenluftstrahltriebwerk (ZTL) andeutet, aus zwei sogenannten Kreisen, einem inneren und einem äußeren.

Das Kerntriebwerk – der innere Kreis – entspricht dem Turbojet, besteht also aus Verdichter, Brennkammer und Turbine.

Der äußere Kreis – auch Bypass genannt – ist das eigentlich entscheidende Merkmal des Turbofans. Die Luft wird nur durch eine meist einstufige Verdichterstufe – eben den Fan – verdichtet und in der Düse entspannt. In der Turbine muss dem Luftstrom deshalb mehr Energie entzogen werden, so dass die Austrittsgeschwindigkeit und damit auch der Schub des Kerntriebwerks geringer ist, als bei einem vergleichbaren Turbojet.

Die Geschwindigkeitsdifferenz im Bypass ist gering, der Massendurchsatz aber hoch. Das Verhältnis der Luftströme durch äußeren und inneren Kreis wird Bypass-Verhältnis genannt und ist eine wichtige, das Triebwerk charakterisierende Größe.

Zur Erinnerung: Die Turbine treibt den Verdichter an, beide liegen also beim „normalen“ Strahltriebwerk auf einer Welle.

Beim Turbofan treibt in der Regel – es gibt auch dreiwellige Auslegungen – eine Niederdruckturbine den Fan, eine Hochdruckturbine den Hochdruckverdichter an. Die beiden Hochdruckkomponenten sind dann ebenso über eine gemeinsame Welle miteinander verbunden wie die Niederdruckturbine und der Fan. Oft ist hinter dem Fan im Kerntriebwerk noch ein Niederdruckverdichter installiert. Wie, welche und wie viele Verdichter- und Turbinenstufen miteinander kombiniert werden, hängt vor allem von der Schubklasse des Triebwerks ab.

Im Bereich von etwa Mach eins – in erster Linie abhängig vom Fan-Verdichtungsverhältnis – verliert das Turbofan an Effizienz.

Um den Schub deutlich – aber mit schlechtem Wirkungsgrad – zu erhöhen, wird bei Überschalltriebwerken der sogenannte Nachbrenner verwendet. Das Plus an Schub wird erreicht, indem in einem Brennrohr, das vor der Düse installiert ist – eben der Nachbrenner –, noch mal Brennstoff eingespritzt und verbrannt wird. Damit steigt der Energiegehalt der Strömung. Die zusätzliche Verbrennung ist möglich, da in der Brennkammer der Sauerstoff der zugeführten Luft nicht vollständig verbraucht wurde. Weil keine rotierenden und schwer zu kühlenden Schaufeln folgen, sind im Nachbrenner höhere Temperaturen zulässig. Der Vergleich der verschiedenen Triebwerkstypen macht deutlich: Es gibt nichts umsonst. Reichen niedrige Fluggeschwindigkeiten, kann der Turboprop mit guten Wirkungsgraden glänzen.

Hohe Fluggeschwindigkeiten erfordern viel Schub, was aber mit einem geringeren Vortriebswirkungsgrad und damit einer schlechteren Umsetzung der Brennstoffenergie erkauft werden muss.

## Grammatische Übungen

*Aufgabe 1. Erinnern Sie sich an die verschiedenen Nebensätze. Übersetzen Sie folgende Sätze ins Russische.*

1. Der Konstrukteur Rösner hatte eine Reihe Seeflugzeuge konstruiert, deren konstruktiver Höhepunkt das Riesenflugzeug WD 27 war.
2. Heinkel baute 1911 sein erstes Flugzeug, für das er von Daimler einen 55 PS-Motor bekam.

3. Er übernahm das Programm für die schwedische Marine, bis er 1923 in Stockholm die Svenska Aero AG gründete, deren Direktor er bis 1932 blieb.
4. Ende 1935 wurde das Werk nach Rangsdorf verlegt, wo neue Werksanlagen entstanden waren.
5. Bekannt wurde die A 17 "Möve" (Heinrich Focke), die auch in ihren Weiterentwicklungen von der Deutschen Lufthansa zahlreich benutzt wurde.
6. Neue Wege zur Erlangung größerer Flugsicherheit wurden mit der F 19 "Ente" versucht, mit der 1927 Georg Wulf tödlich abstürzte.
7. Dipl.-Ing. Kurt Tank übernahm die technische Leitung des Werkes, nachdem er als Chef des Entwurfbüros eingetreten war.
8. Unter seiner Leitung entstand eine Reihe weltbekannter Konstruktionen, deren Erstflüge fast immer von dem Konstrukteur selbst durchgeführt wurden.
9. Nachdem 1917 die bekannten Otto-Flugzeug-Werke in München in Liquidation gegangen waren, hatte der Albatros-Konzern die Anlagen übernommen.
10. 1923 hatte der damalige Student der Technischen Hochschule in München Willy Messerschmitt in Bamberg den Messerschmitt-Flugzeugbau gegründet, nachdem der junge Konstrukteur bereits für die ersten Rhönwettbewerbe Segelflugzeuge gebaut hatte.
11. In Bamberg entwickelte Messerschmitt das Kleinverkehrsflugzeug M 18, welches nur ein Drittel des Preises für ein normales Verkehrsflugzeug kostete.
12. Da ein weiteres erfolgreiches Verkehrsflugzeug, die M 20, herauskam und es auf Maschinen Bestellungen gab, die die Kapazität des Werkes übertrafen, schloss Messerschmitt einen Vertrag mit den Bayerischen Flugzeugwerken in Augsburg ab.
13. Nachdem das Flugzeug seine Reise Flughöhe erreicht hatte, schaltete der Pilot auf Autopilot um.
14. Während sie sich mit den Passagieren unterhielten, näherte sich das Flugzeug dem Zielflughafen.
15. Während im Unterschallbereich die Druckwellen dem Flugzeug voraus eilen, ergibt sich bei Überschallgeschwindigkeit eine scharf abgegrenzte Fläche, die sogenannte Stoßfront, an der ein plötzlicher Druckanstieg erfolgt.
16. Da ich nicht mehr aktiv fliege, habe ich mir den realistischen "Flight Simulator 2002" von Microsoft angeschafft.

17. Sie können auch selbst ausprobieren, ob Sie eine Kurve drehen oder die Höhe halten können.
18. Während drei der ersten Werktage wurden die Flüge 4-5 Stunden pro Tag durchgeführt.

*Aufgabe 2. Nennen Sie den Infinitiv der Verben, übersetzen Sie die Sätze ins Russische.*

1. Prof. Ernst Heinkel begann 1907 sein Ingenieurstudium an der Technischen Hochschule in Stuttgart.
2. Bücker schuf eine Reihe weltbekannter Sportflugzeuge.
3. Der "Bestman" ging als Schulflugzeug der deutschen und später auch der schwedischen Luftwaffe in die Fertigung.
4. 1910 trat Dornier zur Versuchsanstalt des Zeppelin-Luftschiffbaues über.
5. Dort betrieb er statische und aerodynamische Untersuchungen an Luftschiffen, entwarf Metall-Luftschauben und eine drehbare Luftschiffhalle.
6. Dornier ging an die Aufgabenstellung mit neuen Gedanken heran.
7. Mit der He 3 erschien Heinkel 1923 beim internationalen Wasserflug-Wettbewerb in Gotenburg und holte sich den ersten Preis für Sportflugzeuge.
8. Für seine Verdienste erhielt Heinkel den Professortitel.
9. Die Jagdflugzeugserie begann mit der schnellen DI und lief bis zum schnellsten Kolbenmotorjäger des Zweiten Weltkrieges, der Do 335.
10. Fritz Siebel erwarb Anteile an dem Flugzeugwerk in Halle.
11. Das Werk schuf eine Reihe von erfolgreichen Sport- und Reiseflugzeugen.
12. Im April 1935 verließ der erste Focke-Wulf Fw 44 "Stieglitz" die Werkanlagen.
13. Später kam der Lizenzbau von Heinkel He 46 und Dornier Do 17 dazu.
14. Das hat es seit zehn Jahren nicht mehr gegeben.
15. Im ersten Halbjahr gab es 20 Unfälle.

*Aufgabe 3. Finden Sie in den folgenden Sätzen das erweiterte Attribut. Übersetzen Sie die Sätze ins Russische.*

1. In den ersten Jahren des Ersten Weltkrieges folgten einige Land- und Wasser-Ein- und Doppeldecker der für die Gothaer Waggonfabrik tätigen Konstrukteure.

2. Die mit den Großflugzeugen der Gothaer Waggonfabrik erzielten Erfolge waren so überzeugend, dass im Friedensvertrag 1919 die Vernichtung des Werkes festgelegt worden war.
3. Das unter der Leitung von Dornier stehende Zeppelinwerk Lindau GmbH wurde 1922 in Dornier-Werke umbenannt.
4. Inzwischen war der "Wal" erschienen, der die bekannteste Dornier-Konstruktion werden sollte.
5. Das durch den Kunstflug verdiente Geld legte Gerhard Fieseler für die Gründung eines eigenen Werkes zurück.
6. 70 Prozent der während des Ersten Weltkrieges bei der österreichischen Armee und 95 Prozent der bei der österreichischen Marine geflogenen Muster waren von Heinkel konstruierte Maschinen der Hansa-Brandenburg.
7. Die Henschel Flugzeugwerke erwarben die in Berlin-Jochannisthal gelegenen leerstehenden Werkstätten und bauten sie um.
8. Von einer sich nicht bewegenden Schallquelle breiten sich die von ihr ausgehenden Schallwellen als Druckschwankungen kugelförmig nach allen Richtungen aus.
9. Die Verdichtung der Luft besorgt der Staudruck des in das Triebwerk eintretenden Luftstroms.

***Aufgabe 4.** Erinnern Sie sich an die Infinitivgruppen. Übersetzen Sie folgende Sätze ins Russische.*

1. 1915 fiel die Entscheidung, sich mit dem Bau von Landgroßflugzeugen zu beschäftigen.
2. Der Grund dafür war der Vorschlag, das Großflugzeug Go G 1, welches von Oskar Ursinus konstruiert worden war, in Serie zu bauen.
3. Hans Klemm erhielt 1933 den Auftrag, sein Werk nach Mitteldeutschland zu verlegen.
4. Um den Auftrag zu ermöglichen, wurde 1926 aus dem Messerschmitt-Flugzeugbau und der Sportflug GmbH die Messerschmitt Flugzeugbau GmbH gegründet.
5. Schon früh erkannte Hugo Junkers die Vorteile des freitragenden dickprofiligen Flügels, der Metallbauweise und die Notwendigkeit, gleichzeitig mit der Zelle auch entsprechende Flugmotoren zu entwickeln.
6. Nach dem erfolgreichen Start des A-310 entschloss sich Airbus, die gewonnenen Erkenntnisse zu nutzen und entwickelte einen A-300.
7. Ohne Übertreibung zu sagen ist möglich, ist das Programm des Fluges das beste in der Welt.

8. 1947 gelang es dem amerikanischen Piloten Charles E. Yeager als erstem Flieger, mit der speziell entwickelten Bell-XI mit einem Raketentriebwerk die Schallmauer zu durchbrechen.
9. Es ist möglich, die Wärme des hochenergetischen Dampfes zunächst als Prozesswärme zu nutzen und die dann noch verbliebene Restwärme des Dampfes in mechanische Energie umzusetzen.
10. Jedes Verkehrsflugzeug hat genügend Kraft, auch bei Ausfall eines Triebwerks sicher zu landen.

***Aufgabe 5.** Welche Partizipien gibt es im Deutschen? Finden Sie die Partizipien in den folgenden Sätzen und übersetzen Sie die Sätze ins Russische.*

1. Unbestritten besaß Dornier auch im Flugbootbau eine in der Welt führende Stelle.
2. “Komet I, II und III” sowie “Mercur” (Dornier) wurden viel geflogene Verkehrsflugzeuge.
3. Der Udet-Flugzeugbauwerk brachte eine Reihe erfolgreicher Baumuster heraus, von denen die U 12, von Udet selbst auf vielen Veranstaltungen geflogen, das bekannteste wurde.
4. “Der Vogelflug als Grundlage der Fliegerkunst” von Otto Lilienthal enthält auch heute noch geltende Grundsätze zum Auftrieb.
5. Der A-300-600 bekam auch die verbesserten Flügel.
6. Linienflüge weichen im Regelfall den Wolken entlang der geplanten Flugroute nicht aus, Gewitter ausgenommen.
7. Die Tragflächen verbiegen sich im Abwind zwischen durchflogenen Wolken bis zu einigen Metern. Wird dabei der linke Flügel mehr gedrückt als der rechte, beginnt das Flugzeug dorthin zu drehen und der Autopilot hat zu tun.
8. Bei PTL-Triebwerken werden die Gase in der Turbine weitgehend entspannt und geben einen großen Teil ihrer Energie ab.
9. Die ausströmenden Gase ergeben jedoch noch einen Restschub, der genutzt wird.



**Aufgabe 6.** Welche Bedeutungen hat das Verb *WERDEN*? Bestimmen Sie seine Funktionen in folgenden Sätzen und übersetzen Sie die Sätze ins Russische.

1. Durch das Verbot der Entente<sup>16</sup> war ein Flugzeugbau unmöglich geworden.
2. Die bisherige AG wurde in eine GmbH umgewandelt.
3. Für seine Verdienste wurde ihm der Titel Flugkapitän verliehen.
4. Kurt Tank wurde Vizepräsident der Akademie für Luftfahrtforschung.
5. Ab 1931 wurden Katapulteinrichtungen für den Transocean-Luftverkehr geschaffen.
6. Es entstanden die erfolgreichen Produkte der Firma Blohm und Voss Flugzeugwerke GmbH, von denen das Postflugzeug Ha 139 und die Flugboote BV 138 und BV 238 besonders bekannt geworden sind.
7. Eine dritte Turbinenkonstruktion wird in Zukunft bei der Erzeugung von Elektrizität in Kraftwerken zum Einsatz kommen.
8. Dem Triebwerk wird atmosphärische Luft für die Verbrennung des Brennstoffs zugeführt.

**Aufgabe 7.** *Erinnern Sie sich an den Konjunktiv. Bestimmen Sie seine Funktionen in folgenden Sätzen. Übersetzen Sie die Sätze ins Russische.*

1. Hätte nicht Gerhard Fieseler den Kunstflug ganz in die Sache seines Werkes gestellt, wäre das Werk in der Zeit der Wirtschaftskrise nicht lebensfähig geblieben.
2. Das Werk hätte Bayerische Albatros-Werke heißen müssen.
3. Die Boeing 20XX wäre rund zehn Prozent schneller als herkömmliche große Passagierflugzeuge.
4. Der Verkehr über die heute überlasteten Drehkreuze werde noch langsam wachsen.
5. Sollte das ehrgeizige Projekt Wirklichkeit werden, würde Boeing die Passagierluftfahrt neu definieren.
6. Drei von den Dachpfannen seien auf die Straße gefallen, teilte die Regierung mit.
7. Nachbarn hätten einen lauten Knall bemerkt.
8. Die Kosten trage der Flughafenbetreiber, teilte der Flughafen mit.
9. Die Zuverlässigkeit der Konstruktion werde auch daran deutlich, dass mit dem Typ kein einziger tödlicher Unfall passiert sei.

---

<sup>16</sup> die Entente - Антанта

10. Gäbe es Probleme mit einem Triebwerk, hätte der Pilot in der Startphase die Möglichkeit, bis zu einer vor dem Flug berechneten Geschwindigkeit den Start abzubrechen.
11. Diese Version sollte bis zu 115 Passagieren Platz bieten und wäre der erste Schritt, sich der Boeing 737 und dem Airbus A320 anzunähern.
12. 2010, versprach der Konstrukteur, werde Suchoj bereits die ersten Kunden innerhalb der EU beliefern.
13. Im Westen dürfte es der neue Stolz der russischen Flugzeugindustrie aber schwer haben.

**Aufgabe 8.** *Welche Modalverben kennen Sie? Welche Bedeutungen haben diese Verben? Übersetzen Sie die Sätze ins Russische.*

1. Mit diesem Tempo kann das Flugzeug alle Hindernisse sicher überfliegen.
2. Ein Staustrahltriebwerk kann nur bei hohen Fluggeschwindigkeiten effektiv arbeiten.
3. Dadurch kann der Triebwerksschub um 50% und mehr erhöht werden.
4. Häufig soll ein Teil der nutzbaren Dampfwärme als Prozesswärme eingesetzt werden.
5. Die ersten Autopiloten sollten vor allem die Trimmung und Höhensteuerung verbessern.
6. Der Regionalflieger soll auch im Westen verkauft werden.
7. Die Tragflächen der Großflugzeuge müssen viel stärkere Kräfte aufnehmen.
8. Suchoj will das Orderbuch für das neue Flugzeug bis Jahresende mit 150 Aufträgen füllen.
9. Eine Leasinggesellschaft wollte den Bedarf an 10 Maschinen anmelden.

**Aufgabe 9.** *Erinnern Sie sich an die Komparativstufen der Adjektive und Adverbien. Übersetzen Sie die folgenden Sätze ins Russische.*

1. Die Leitung des Instituts für Segelflug machte es zu einem der bedeutendsten Forschungszentren der deutschen Luftfahrt.
2. Am 22. Dezember 1935 konnte eines der modernsten deutschen Flugzeugwerke in Betrieb genommen werden.
3. Otto Lilienthal leistete vielleicht den größten individuellen Beitrag zur Lösung des Flugproblems.
4. Die meisten der 19 Unfälle ereigneten sich in ärmeren Ländern.
5. Airbus entwickelte auch den A-300-600ST, besser bekannt als Beluga, um die Airbus-Einzelteile zu transportieren.

6. Der A-300 B4 hat ein höheres Startgewicht, eine erweiterte Treibstoffkapazität.
7. Die stärkeren Triebwerke lieferten den benötigten Schub.
8. Trotzdem blieb keine einzige dieser Maschinen nach dem zweiten Weltkrieg erhalten.

**Aufgabe 10.** Wann wird das Verb SEIN gebraucht? Bestimmen Sie seine Funktionen in folgenden Sätzen und übersetzen Sie die Sätze ins Russische.

1. Als Direktor setzte man Franz Walter ein, der Verkaufschef in Böblingen gewesen war.
2. Die Nachbauten der ersten Flugzeuge Lilienthals sind heute im Otto-Lilienthal-Museum in Anklam zu besichtigen.
3. Nach dem ersten Weltkrieg war den Deutschen das Fliegen verboten.
4. Oldtimer sind in der Halle zu sehen.
5. Bei der Überarbeitung von Rumpf, Heckflügel und Tragflächen sind nach Meinung von Luftfahrtexperten weitere drei bis vier Dezibel Lärm zu gewinnen.
6. Seine Erfahrungen waren besonders den ersten Flugzeugen deutlich anzusehen.
7. Auf dem Hauptgetriebe ist der Hauptrotor angebracht.
8. Für Zweistrom-Strahltriebwerke ist die Nachbrennung möglich.
9. Ein Flugzeug ist in der Luft ständig wechselnden Einflüssen ausgesetzt.
10. 70 Flugzeuge sind pro Jahr herzustellen.

### **Kontrollsätze**

1. Die Formgebung des Flügelprofils lenkt die Luftteilchen an der Flügeloberseite stärker ab als an der Flügelunterseite.
2. Wegen der Fähigkeit der Luft bildet sich zwischen der ungestörten Strömung und der Flugzeugoberfläche die sogenannte Grenzschicht.
3. Eine größere Bedeutung für den Wirkungsgrad einer Turbine hat das Verhältnis der Geschwindigkeit des Arbeitsrades zur Geschwindigkeit am Düsenaustritt.
4. Zur Erleichterung der Berechnungen zerlegt man diese Größe in zwei aufeinander senkrecht stehende Komponenten, den Auftrieb und den Widerstand.
5. Bei der automatischen Erprobung der Trägerrakete wird getestet, ob die einzelnen Systeme, Bauelemente und Aggregate richtig funktionieren;

bei der komplexen Prüfung kontrolliert man das Zusammenspiel aller Raketensysteme.

6. Bevor das Raumschiff mit der Trägerrakete gekoppelt wird, fährt man es in den Spezialeisenbahnwaggon zum Auftanken mit Brennstoff, Oxydationsmittel und Druckgas.
7. Die Fallgeschwindigkeit wächst bis zu einem Grenzwert, bis sich Anziehungskraft (Gewicht) und Luftkraft, die u.a. von der Körperform abhängt, die Waage halten.
8. In der Luftfahrt überwiegen axiale Gasturbinen, denn bei hoher Leistung verfügen die über annähernd den gleichen Wirkungsgrad wie Radialturbinen während ihre Masse wesentlich geringer ist.
9. Da durch Reibung immer mehr Energie verbraucht wird, steigt zunächst die Grenzschichtdicke, dann schlägt die Strömung von laminär in turbulent um.
10. Die durch diesen Spalt strömende Luft wird infolge der düsenartigen Formgebung beschleunigt und tritt an der Tragflügeloberseite so aus, dass sie der Grenzschicht Energie zuführt.
11. Für den Flug eines konventionellen Flugzeuges interessiert in erster Linie der dynamische Auftrieb, der darum näher betrachtet werden soll.
12. Der Widerstand ist eine Kraft, die an einem umströmten Körper parallel zur Strömungsrichtung wirkt, im Gegensatz zum Auftrieb, der senkrecht zu dieser Richtung steht.
13. Die Ablenkung und der damit verbundene Widerstand sind um so größer, je größer der Auftrieb ist.
14. Der Einfluss dieses induzierten Widerstandes auf den Gesamtwiderstand des Flügels ist um so kleiner, je länger (also je gestreckter) der Flügel ist.
15. Soll ein Körper, der schwerer als Luft ist, von der Erde abheben, dann muss eine Kraft die Anziehungskraft überwinden.
16. Das zu den klassischen astronomischen Disziplinen gehörende Arbeitsgebiet, das sich mit der Untersuchung der Bahnbewegung der natürlichen Himmelskörper beschäftigt, ist die Himmelsmechanik.
17. Eine im Schwerfeld der Erde befindliche Masse wird von der Erde angezogen.
18. Bei dem luftgekühlten Motor wird die im Zylinder entstehende Wärme durch Luft abgeführt, die den Zylinder außen umströmt.
19. Ein Raketentriebwerk ist ein Strahltriebwerk, das sowohl den Brennstoff als auch den für die Verbrennung erforderlichen Sauerstoff (Oxydator) mitführt.

20. Die Wirkungsweise der Elektromotoren erklärte er so, als ob er diese Frage seit langer Zeit studiert habe.
21. Praktisch wäre die Landung auf jedem modernen Flugplatz möglich.
22. Ganz besonders beachte man die Temperatur und die Möglichkeit einer Explosion.
23. Das Fahrwerk wird nur am Boden gebraucht und erzeugt, wenn es nicht eingezogen wird, im Flug einen erheblichen Widerstand.
24. In der modernen Luftfahrt werden im wesentlichen Strahltriebwerke und Triebwerke mit kombiniertem Vortrieb verwendet.
25. In Abhängigkeit von der Richtung des Gasstroms in Bezug auf die Turbinenachse werden Turbinen in Axial- und Radialturbinen unterteilt.
26. Das Raketentriebwerk wird in der Luftfahrt gewöhnlich als Hilfstriebwerk für verschiedene Flugzeugtypen verwendet.
27. In verschiedenen Zweigen der Technik werden sowohl Einstufenturbinen als auch Mehrstufenturbinen verwendet, die aus mehreren hintereinander angeordneten Stufen bestehen.
28. Im Moment werden in der Luftfahrt, in der Raketentechnik und in der Raumfahrt solche Raketentriebwerke verwendet, die die chemische Energie eines flüssigen oder festen Brennstoffs ausnutzen.
29. In der Raketentechnik werden mitgeführter Sauerstoff und Brennstoff verbrannt.
30. Die Luft wird beim Zusammentreffen mit dem Flugzeug abgebremst.
31. Durch den Aufstau und die Reibung wird ein Teil der kinetischen Energie in Wärme umgesetzt und auf das Flugzeug übertragen.
32. Ein Flugzeug, das durch ein Trägheits- oder Inertialsystem gesteuert wird, ist unempfindlich gegenüber äußeren Störungen.
33. Die gesamte Ausrüstung des Trägheitssystems wird im Flugzeug installiert.
34. Der Rumpf dieses Flugzeugs war so dimensioniert, dass sich die Menschen in ihm nicht völlig aufrichten konnten.
35. Die Hauptträger wurden in die Triebwerksgondeln, das Bugrad in den Rumpf eingezogen.
36. In der Folgezeit wurde an der ständigen Vervollkommnung des Flugzeuges gearbeitet.
37. Die Hauptfahrwerksräder werden in den Rumpf bzw. in die Tragfläche eingefahren.
38. Der Hauptvorteil des Raketentriebwerks gegenüber allen „luftatmenden“ Triebwerken besteht in der Fähigkeit, bei beliebigen Geschwindigkeiten Schub zu erzeugen.

39. Die Aufgabe des Ruders ist, die Richtung des Flugzeuges zu ändern.
40. Nach der Art der Verwendung sind Verkehrsflugzeuge, Militärflugzeuge und Flugzeuge für Sonderzwecke zu unterscheiden.
41. Bei diesem Flugzeug sind die Motoren in den Flügeln zu unterbringen.
42. Um die Frage zu beantworten, wie lange der Auftrieb mit dem Anstellwinkel zunimmt und wodurch die Zunahme begrenzt ist, darf man sich nicht nur ein ideales Stromlinienbild, sondern muss man sich die reale Strömung an einem Flügelprofil ansehen.
43. Um das Flugzeug um die Längsachse zu drehen, müssen beide Tragflächenhälften einen verschieden großen Auftrieb haben, was der Querruderausschlag bewirkt.
44. Um die Geschwindigkeit möglichst schnell auf die Landegeschwindigkeit vermindern zu können, werden viele Flugzeuge mit aerodynamischen Bremsen ausgerüstet.
45. Die Richtungsstabilität ist die Stabilität um die Hochachse, also die Eigenschaft, Kurs zu halten.
46. Unter Steuerbarkeit eines Flugzeuges versteht man die Fähigkeit, auf die vom Piloten veranlassten Bewegungen der Höhen-, Quer- und Seitenruder zu reagieren.
47. Die Schubdüse hat die Aufgabe, die von der Turbine kommenden Brenngase mit hoher Geschwindigkeit auszustoßen und dabei eine möglichst große Schubkraft zu erzeugen.
48. Es ist zweckmäßig, für hohe Fluggeschwindigkeiten bestimmte Flugzeuge mit Staustrahltriebwerken und Strahltriebwerken auszustatten.
49. Die Besatzung eines Flugzeuges muss die genaue Flughöhe kennen, um eine Landung zu vollbringen.
50. Das Trägheits- Navigationssystem gestattet es, anhand der an Bord gemessenen Beschleunigung die Weggeschwindigkeit und den vom Abflugort zurückgelegten Weg zu berechnen.
51. Als Längststabilität bezeichnet man die Stabilität bei einer Drehung um die Querachse, also die Fähigkeit, aus schwachem Steig- oder Gleitflug wieder in den Horizontalflug zurückzukehren.
52. Von einem gewissen Punkt an ist die energiearme Strömung nicht mehr in der Lage, der Flügeloberfläche zu folgen und reißt ab.
53. Die modernen Flugzeuge haben eine Geschwindigkeit, die der des Schalles gleich ist oder dieselbe sogar übertrifft.
54. Ist der Auftrieb größer als das Gewicht, steigt der Ballon, bis dieser in Luftschichten kommt, deren Dichte gleich seiner eigenen Dichte ist, dann ist das Gleichgewicht hergestellt.

55. Für das Unterbringen der Hauptfahrwerke braucht man einen Raum, dessen Abmessungen von der Anzahl der Räder, deren Breite und Durchmesser abhängen.
56. Er erhielt den Auftrag, als Gegenstück zu dem vom Grafen Zeppelin an Hirth vergebenen Auftrag, ein Riesenflugzeug für das Heer zu entwickeln, ein Riesen-Wasserflugzeug zu konstruieren.
57. Der am 24. Februar 1892 in Bromberg-Schwedenhöhe geborene Kurt Tank, der den Ersten Weltkrieg als Kompanieführer an der Westfront mitgemacht hatte, studierte ab 1920 an der TH in Berlin-Charlottenburg Elektrotechnik.
58. Hans Klemm übergab dem neuen Werk die gerade fertiggestellte Konstruktion des zweimotorigen Reisefünfsitzers Kl 104, der dann später als erstes Muster unter der Bezeichnung Fh 104 gebaut wurde, nachdem das Werk in Flugzeugbauwerk Halle umgetauft worden war.
59. Die Flugzeugwerke in München beschränkten sich auf den Lizenzbau von in Johannisthal entwickelten Typen, denn die am Ort entwickelten Type, darunter ein riesiger einmotoriger Dreidecker-Nachtbomber, konnten sich nicht durchsetzen.
60. Von der Luftwaffen Aussicht gestellte größere Produktionsaufträge stellten Henschel vor die Aufgabe, ein größeres Werk zu errichten.
61. Er ließ sich nach eigenen Plänen ein spezielles Kunstflug-Flugzeug bauen.
62. Durch ein verändertes Design der Turbinen und eine aktive Lärmkontrolle lassen sich bis zu sechs Dezibel Lärm effektiv vermindern.

## СОДЕРЖАНИЕ

LEKTION I. Warum fliegt ein Flugzeug?.....	3
LEKTION II. Flugsicherheit.....	12
LEKTION III. Moderne Flugzeuge.....	22
LEKTION IV. Motorenbau.....	35
LEKTION V. Triebwerkkomponenten.....	47
Texte zum Lesen.....	52
Text 1. Pioniere über dem Pazifik.....	51
Text 2. Luftfahrzeug.....	51
Text 3. Wie funktioniert ein Strahltriebwerk? .....	53
Text 4. In Sekunden verbunden.....	54
Text 5. Alles über... Flugzeuge.....	55
Text 6. Neuigkeiten aus den Konstruktionsbüros.....	56
Text 7. Hersteller.....	57
Text 8. Eine revolutionierende Entwicklung.....	58
Text 9. Das Grundprinzip.....	59
Text 10. Der Einlauf – nur ein Rohr? .....	60
Text 11. Der Verdichter – Druckaufbau.....	61
Text 12. Die Brennkammer – Energiezufuhr.....	62
Text 13. Die Turbine – ein umgedrehter Verdichter.....	62
Text 14. Die Düse – Schub entsteht.....	63
Text 15. Warum überhaupt verdichten?.....	64
Text 16. Wirkungsgrade – Mass für Effektivität.....	64
Text 17. Sind Propeller almodisch?.....	65
Text 18. Was ist ein Turbofan?.....	66
Grammatische Übungen.....	67



Учебное издание

*Мартынова Ольга Николаевна*

**НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЦЕЛЕЙ  
ПО ТЕМЕ «СОВРЕМЕННАЯ АВИАЦИОННАЯ ТЕХНИКА»**

*Учебное пособие*

Редактор А.В. Ярославцева  
Доверстка А.В. Ярославцева

Подписано в печать 22.04.11. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 5,0.  
Тираж 100 экз. Заказ . Арт. С - 19/2011.

Самарский государственный аэрокосмический университет  
имени академика С. П. Королёва.  
443086 г. Самара, Московское шоссе, 34.

---

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.  
443086 г. Самара, Московское шоссе, 34.