

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

О.П. Симутова

FLUGZEUGBAU UND RAKETENTECHNIK

Рекомендовано Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по направлениям подготовки 160100.62 Авиастроение, 160400.62 Ракетные комплексы и космонавтика

Оренбург
2012

УДК 811 112.2 :629.7 (075.8)
ББК 81.2 Нем. я 73 + 39.5 я 73 + 39.62 я 73
С 37

Рецензент – доцент, кандидат филологических наук И.А. Солодилова

Симутова, О.П.
С37 Flugzeugbau und Raketentechnik: учебное пособие по немецкому языку / О.П. Симутова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 112 с.

Учебное пособие включает в себя аутентичные тексты, комплекс упражнений и предназначено для практических занятий по немецкому языку для студентов Аэрокосмического института по направлениям подготовки 160100.62 Авиастроение, 160400.62 Ракетные комплексы и космонавтика.

УДК 811 112.2: 629.7 (075.8)
ББК 81.2 Нем. я 73 + 39.5 я 73 + 39.62 я 73

© Симутова О.П., 2012
© ОГУ, 2012

Содержание

Введение	4
1 Teil 1 Düsentriebwerke	5
2 Teil 2 Düsenflugzeuge	13
3 Teil 3 Segelflugzeuge	24
4 Teil 4 Hubschrauber.....	31
5 Teil 5 Hubschrauber in Aktion	42
6 Teil 6 Raketentechnik	49
7 Teil 7 Raketensteuerung und -lenkung	57
8 Teil 8 Texte für die Hauslektüre	65
9 Grammatische Kommentare.....	106
Список использованных источников.....	112

Введение

Целью учебного пособия является развитие навыков и умений работы с аутентичными текстами по направлению подготовки, а также развития навыков устной речи по профилю подготовки.

Учебное пособие предназначено для студентов бакалавров, обучающихся по профилям подготовки 160100.62 Самолёто и – вертолётостроение, 160400.62 Ракетостроение.

Пособие состоит из 9 частей, включающих немецко-русский активный словарь к каждой части, устные коммуникативные упражнения, предназначенные для формирования первичных навыков овладения языковым материалом текста, тексты, на которых осуществляется обучение чтению и развитие навыков устной речи по конкретной теме, вторичные упражнения предречевого уровня для дальнейшей автоматизации навыков и выработки приёмов овладения языковым материалом части, речевые упражнения на вычленение смысла прочитанного в письменной и устной формах, тексты, предназначенные для самостоятельного чтения со словарём, краткий грамматический лексикон, включающий наиболее употребительные грамматические явления.

В заключение приводится список использованных источников.

1 Teil 1 Düsentriebwerke

1.1 Der aktive Wortschatz

das Düsentriebwerk (das Strahltriebwerk)	реактивный двигатель
antreiben	приводить в движение
ansaugen	всасывать
einsetzen	применять
verbrennen	сжигать
der Kraftstoff (der Treibstoff)	топливо, горючее
die Wartung	техническое обслуживание
leistungsstark	мощный
die Schubkraft	сила тяги
das Gebläse	компрессор. нагнетатель
der Rotor	ротор (вертолета), несущий винт
der Verdichter	компрессор
die Brennkammer	камера сгорания
das Turbienen-Luftstrahltriebwerk (TL)	турбореактивный двигатель
das Propeller-Turbienen-Luftstrahltriebwerk (PTL)	турбовинтовой двигатель
das Zweikreis-Turbienen-Luftstrahltriebwerk (ZTL)	двухконтурный турбореактивный двигатель
das Staustrahltriebwerk	прямоточный воздушно реактивный двигатель
das Rotorblatt	лопасть несущего винта вертолета
der Abgasstrom	струя выхлопных газов
der Überschalldiffusor	сверхзвуковой диффузор
der Propeller	воздушный винт
erzeugen	вырабатывать

der Hubschrauber
einspritzen
ausstoßen
der Druck

вертолет
впрыскивать
выбрасывать, выталкивать
давление

1.2 Vorübungen zum Text

Übung 1 Wortzusammensetzungen. Welche Wortteile in A passen zu welchen Teilen in B?

A	B
Hub Schub Brenn Abgas	-kammer -diffusor -blatt -rotor
Gebläse Überschall Düsen	-triebwerk -schrauber -kraft
Rotor	-strom

Übung 2 Suchen Sie in der rechten Spalte Synonyme zu den Wörtern aus der linken Spalte. Übersetzen Sie:

- | | |
|-----------------------|---------------------------------|
| 1) das Düsentriebwerk | a) das Einstrom-Strahltriebwerk |
| 2) funktionieren | b) der Treibstoff |
| 3) das TL-Triebwerk | c) das Mantelstromtriebwerk |
| 4) ausrüsten | d) arbeiten |
| 5) der Kraftstoff | e) der Propeller |
| 6) anwenden | f) ausstatten |
| 7) das ZTL-Triebwerk | g) einsetzen |
| 8) die Luftschraube | h) das Strahltriebwerk |

Übung 3 Bilden Sie, wo es möglich ist, Komparative und Superlative zu folgenden Adjektiven und Adverbien. Übersetzen Sie ins Russische:

leicht, leistungsstark, wenig, heiß, hoch, viel, teuer, groß, genau, selten,

mächtig

Übung 4 Suchen Sie im Text zusammengesetzte Substantive und übersetzen Sie sie ins Russische

Übung 5 Lesen Sie den vorliegenden Text, übersetzen Sie ihn ins Russische

1.3 Text 1

Bläst man einen Luftballon auf und lässt ihn los, ohne dass das Mundstück zugeschnürt wurde, „saust“ er davon - der entweichende Luftstrahl treibt den Ballon an. Düsentriebwerke funktionieren nach einem ähnlichen Prinzip: Sie saugen Luft ein und verbrennen mit ihr Kraftstoff. Die dabei entstehenden Gase treiben das Trägerfahrzeug vorwärts.

Düsentriebwerke - auch Gasturbinen oder Strahltriebwerke genannt - bieten mehrere Vorteile gegenüber reinen Verbrennungsmotoren: Sie sind leichter und leistungsstärker; sie sind anspruchsloser in der Wartung; sie erzeugen weniger Vibrationen, und sie verbrennen Petroleum (Kerosin) anstelle teurer Benzin- oder Dieselmotoren. Zudem sind sie auch noch in großer Höhe leistungsstark, während sich dies beim Propeller genau umgekehrt verhält (Bild 1).

Aufgrund ihrer enormen Schubkraft werden Düsentriebwerke zum Antrieb von Flugzeugen und Hubschraubern eingesetzt; nur selten verwendet man sie für Autos. Dennoch wurden auch auf dem Land Geschwindigkeitsrekorde mit ihnen aufgestellt: 1983 erreichte Richard Noble mit einem Düsenauto 1019 km/h!

Zwei Düsentriebwerke, die bei hohen Geschwindigkeiten als Staustrahltriebwerke arbeiten, beschleunigen die SR-71A bis auf dreifache Schallgeschwindigkeit in Höhen bis zu 25 900 m.

Beim Düsentriebwerk saugt ein riesiger Gebläserotor an der Stirnseite Luft an, die von einem Verdichter zusammengepresst wird. Die verdichtete Luft gelangt in eine Brennkammer, wo man ihr Kerosin zumischt. Das Luft-Kraftstoff-Gemisch

wird verbrannt, wobei sich heiße Gase entwickeln. Diese Gase dehnen sich aus und entströmen am Heck des Triebwerks, so dass ein mächtiger Vorwärtsschub entsteht. Zugleich bringen sie eine Turbine in Bewegung, die wiederum den Verdichter und den Gebläserotor antreibt.



Bild 1

Arten von Düsentriebwerken

Man unterscheidet vier Arten von Düsentriebwerken: Turbinen-Luftstrahltriebwerke (TL), Propeller-Turbinen-Luftstrahltriebwerke (PTL), Zweikreis-Turbinen-Luftstrahltriebwerke (ZTL) und Staustrahltriebwerke. *TL-Triebwerke* (Turbojet, Einstrom-Strahltriebwerk) waren die ersten Flugturbinen und finden noch heute bei der Concorde Anwendung. Im TL-Triebwerk passiert die angesaugte Luft die Brennkammer unter hohem Druck. Einstrom-Strahltriebwerke sind extrem laut, weil der Abgasstrahl mit hoher Geschwindigkeit ausgestoßen wird. Soll noch mehr Schub - zum Beispiel für ein Jagdflugzeug - bereitgestellt werden, kann Treibstoff direkt in den Abgasstrahl gespritzt und verbrannt werden. *PTL-Triebwerke* arbeiten mit zwei Turbinen, von denen eine den Verdichter und die andere den Propeller antreibt. Anstelle des „schiebenden“ Abgasstroms zieht die Luftschaube das Flugzeug gewissermaßen vorwärts. Die von diesen Turbinen erzeugte Drehbewegung bietet sich vor allem zum Antrieb von Hubschraubern an. In diesem Fall spricht man von einer *Wellenturbine*, weil die

Leistung über eine Welle und ein Getriebe auf die Rotorblätter übertragen wird. *ZTL-Triebwerke* (auch Turbofan-, Bypass- und Mantelstromtriebwerke genannt) stoßen Luft und Abgase mit niedrigerer Geschwindigkeit aus. Sie sind an der Stirnseite mit einem großen Gebläse ausgestattet, um Luft „einzuschaufeln“. Ein Teil passiert die Brennkammer, aber die größte Menge wird als Neben- oder Kaltluftstrom ausgestoßen. Auf diese Weise wird mehr Schub bei geringerer Lärmentwicklung erzeugt. Staustrahltriebwerke (Ram-Jets) sind die einfachste Art des Düsentriebwerks. Sie haben weder Turbine noch Verdichter, sondern stauen die zuströmende Luft in einem Überschalldiffusor auf, bevor sie in die Brennkammer geleitet wird. Diese Triebwerke können nur bei hohen Geschwindigkeiten genügend Stauluft sammeln.

Durstiger Jumbo. Boeing Jumbo Jets 747-400 haben vier ZTL-Triebwerke von Rolls-Royce, von denen jedes 5,4 t wiegt. Mit ihrer Schubkraft können 26 t gehoben werden. Beim Flug eines Jumbos von London nach Hongkong verbrennen diese vier Aggregate 180 000 Liter Kerosin. Mit der gleichen Menge Benzins ließe sich ein Pkw 3500mal betanken, was für eine Strecke von mehr als 1,5 Millionen km ausreichen würde.

1.4 Übungen zum Text

Übung 1 Beantworten Sie die Fragen

- 1 Welche Vorteile bieten Düsentriebwerke?
- 2 Wozu werden Düsentriebwerke eingesetzt?
- 3 Welche Arten von Düsentriebwerken unterscheidet man?
- 4 Welche Flugturbinen finden noch heute Anwendung?
- 5 Wie arbeiten PTL-Triebwerke?
- 6 Wie arbeiten ZTL-Triebwerke?
- 7 Woran sind die ZTL-Triebwerke ausgestattet?
- 8 Auf welche Weise funktionieren Staustrahltriebwerke?

Übung 2 Ein Wort passt nicht. Welches? Kreuzen Sie an:

- a) antreiben: Gebläserotor - Verdichter - Kraftstoff;
- b) erzeugen: Drehbewegung - Treibstoff - Vibration;
- c) verbrennen: Kraftstoff - Geschwindigkeit - Brennstoff;
- d) ansaugen: Flugzeug - Luft - Gemisch;
- e) ausstoßen: Luft - Abgase - Entwicklung;
- f) entwickeln: Hubschrauber - Wartung - Geschwindigkeit;
- g) spritzen: Turbine - Treibstoff - Kraftstoff

Übung 3 Setzen Sie die folgenden Wörter in die Lücken ein:

Düsentriebwerke antreibt erreichte Bewegung Gebläserotor
Brennkammer verbrannt Verdichter Heck des Triebwerks Schubkraft
Land Vorwärtsschub entwickeln

Aufgrund ihrer _____ werden _____ zum Antrieb von Flugzeugen und Hubschraubern eingesetzt. Dennoch wurden auch auf dem _____ Geschwindigkeitsrekorde mit ihnen aufgestellt: 1983 _____ Richard Noble mit einem Düsenauto 1019 km/h! Beim Düsentriebwerk saugt ein riesiger _____ an der Stirnseite Luft an, die von einem _____ zusammengepresst wird. Die verdichtete Luft gelangt in eine _____, wo man ihr Kerosin zumischt. Das Luft-Kraftstoff-Gemisch wird _____, wobei sich heiße Gase _____. Diese Gase dehnen sich aus und entströmen am _____, so dass ein mächtiger _____ entsteht. Zugleich bringen sie eine Turbine in _____, die wiederum den Verdichter und den Gebläserotor _____.

Übung 4 Ergänzen Sie die Sätze

- 1 Im TL-Triebwerk passiert die angesaugte Luft die Brennkammer
- 2 PTL-Triebwerke arbeiten mit zwei Turbinen, von denen eine
- 3 Die von diesen Turbinen erzeugte Drehbewegung bietet sich vor allem ...
an.

4 ZTL-Triebwerke stoßen Luft und Abgase ... aus.

5 Sie sind an der Stirnseite mit einem großen Gebläse ausgestattet,

6 Ein Teil passiert die Brennkammer, aber die größte Menge wird

7 Auf diese Weise wird mehr Schub

8 Staustrahltriebwerke haben weder Turbine noch Verdichter, sondern

Übung 5 Bilden Sie die Sätze. Übersetzen Sie ins Russische:

1) zum, Antrieb, werden, aufgrund, ihrer Schubkraft, Düsentriebwerke, eingesetzt, von, Flugzeugen;

2) saugen, ihr Kraftstoff, ein Luft, sie, mit, verbrennen, und;

3) stoßen, mit, niedriger, aus, Luft, und, Geschwindigkeit, ZTL-Triebwerke, Abgase;

4) sind, an, mit, sie, der Stirnseite, Gebläse, ausgestattet, einem, großen;

5) die, des Düsentriebwerks, sind, einfachste, Staustrahltriebwerke, Art;

6) mehr, Schub, erzeugt, bei, auf, geringerer, diese, Weise, Lärmentwicklung, wird;

7) unter, die, passiert, im, hohem, TL-Triebwerk, angesaugte, die Brennkammer, Luft, Druck;

8) direkt, verbrannt, und, kann, Treibstoff, in, den, Abgasstrahl, werden, gespritzt.

Übung 6 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes?

1 Düsentriebwerke - auch Gasturbinen oder Strahltriebwerke genannt - bieten keine Vorteile gegenüber reinen Verbrennungsmotoren.

2 Aufgrund ihrer enormen Schubkraft werden Düsentriebwerke zum Antrieb von Flugzeugen und Hubschraubern eingesetzt.

3 Die verdichtete Luft gelangt in eine Brennkammer, wo man ihr Kerosin zumischt.

4 Man unterscheidet drei Arten von Düsentriebwerken: Turbinen-Luftstrahltriebwerke (TL), Propeller-Turbinen-Luftstrahltriebwerke (PTL),

Zweikreis-Turbinen-Luftstrahltriebwerke (ZTL).

5 Im TL-Triebwerk passiert die angesaugte Luft die Brennkammer unter niedrigem Druck.

6 Die von diesen Turbinen erzeugte Drehbewegung bietet sich vor allem zum Antrieb von Hubschraubern an.

7 Die Triebwerke können nur bei hohen Geschwindigkeiten genügend Stauluft sammeln.

8 Beim Flug eines Jumbos von London nach Hongkong verbrennen diese vier Aggregate 108 000 Liter Kerosin.

Übung 7 Sehen Sie sich das Bild 2 an und erzählen Sie über die Triebwerke

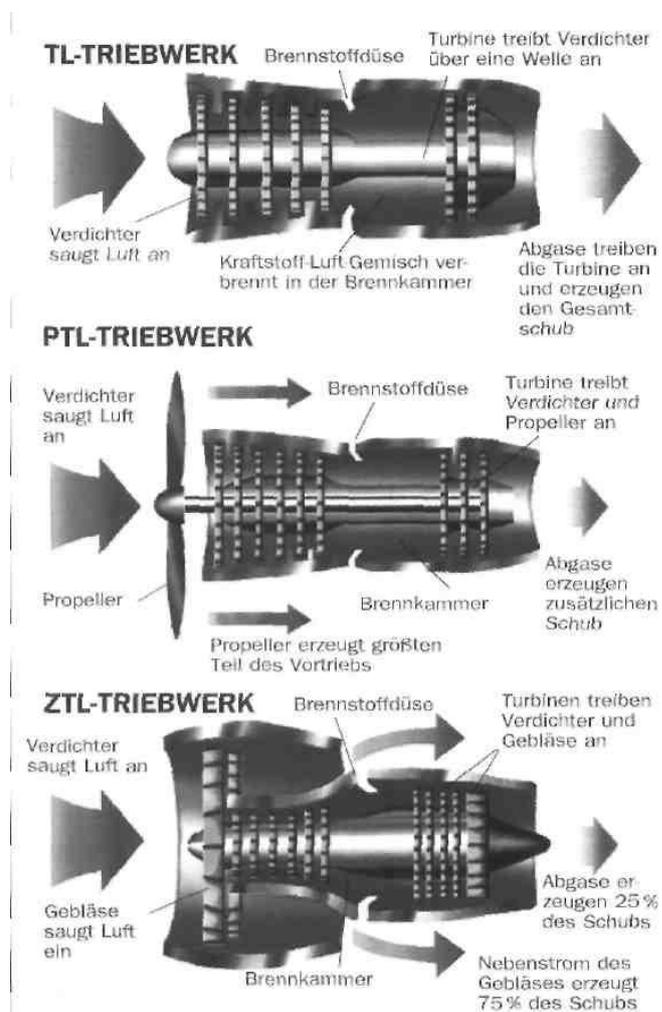


Bild 2

2 Teil 2 Düsenflugzeuge

2.1 Der aktive Wortschatz

die Luftfahrt	авиация
das Düsenverkehrsflugzeug	транспортный реактивный самолет
im Einsatz sein	применяться, использоваться
die Flugerprobung	лётное испытание
die Reichweite	дальность полёта
befördern	перевозить
der Nachteil	недостаток
verbrauchen	потреблять
die Zwischenlandung	промежуточная посадка
die Schubstärke	тяга, величина тяги
der Antrieb	привод
herkömmlich	отечественный
die Unfallursache	причина несчастного случая
die Druckkabine	герметическая кабина
die Flughöhe	высота полёта
die Rumpfkonstruktion	конструкция фюзеляжа
das Heck	хвостовая часть
sich befinden	находиться
beträchtlich	значительно
das Leitwerk	хвостовое оперение (самолёта)
die Strahltriebwerke	реактивный двигатель
das Mantelstromtriebwerk	двухконтурный турбореактивный двигатель
die Spannweite	размах крыла

erreichen	достигать
ersetzen	заменять
das Cockpit	кабина пилота
die Flugzeugführung.	пилотирование
die Triebwerksregelung	регулирование двигателей

2.2 Vorübungen zum Text

Übung 1 Wortzusammensetzungen. Welche Wortteile in A passen zu welchen Teilen in B?

A	B
Luft Reich Zwischen	-turbine -landung -werk -höhe
Flug	-konstruktion -kabine -fahrt
Druck Rumpf Strahl	-weite
Leit	

Übung 2 Bilden Sie das Partizip I, II von den folgenden Verben:

bauen, verkaufen, ziehen, antreiben, nennen, gehören, ersetzen, transportieren, beginnen

Übung 3 Übersetzen Sie die folgenden Komposita ins Russische:

der Passagierliniendienst, die Flugerprobung, der Düsenluftverkehr, der Flugzeughersteller, das Verkehrsflugzeug, der Kolbenmotor, der Düsenmotor, das Strahlverkehrsflugzeug, Flughöhe, das Mantelstromtriebwerk, die Reisegeschwindigkeit, die Kabinenbesatzung, der Kunststoffbauteil, der Flugzeugbauer

Übung 4 Wählen Sie aus der linken Spalte russische Übersetzungen der Wörter:

- | | |
|----------------------|--------------------------|
| 1) der Antrieb | 1) отечественный |
| 2) der Nachteil | 2) лётное испытание |
| 3) die Spannweite | 3) заменять |
| 4) ersetzen | 4) недостаток |
| 5) die Schubstärke | 5) привод |
| 6) herkömmlich | 6) перевозить |
| 7) die Flugerprobung | 7) размах крыла самолёта |
| 8) befördern | 8) тяга, сила тяги |

Übung 5 Lesen Sie den vorliegenden Text, übersetzen Sie ihn ins Russische

2.3 Text 1 Düsenflugzeuge

Die zivile Luftfahrt hat eine gewaltige Entwicklung gemacht, seit vor etwa 40 Jahren die ersten Düsenverkehrsflugzeuge an den Start rollten. Auf dem weltweiten Liniennetz sind heute mehr als 13 000 Passagierjets im Einsatz.

Das Zeitalter des Düsenluftverkehrs begann 1952, als BOAC (British Overseas Airways Corporation, später British Airways) mit der de Havilland Comet I einen Passagierliniendienst zwischen London und Johannesburg eröffnete. Zwei Jahre später begann in den USA die Flugerprobung der Boeing 707, und schon 1958 betrieben Pan Am und BOAC Passagierdienste über den Atlantik. Die ersten 707 hatten eine Reichweite von 7700 km und beförderten fast 100 Fluggäste mit einer Geschwindigkeit von rund 880 km/h.

Entwicklung stärkerer Triebwerke

Düsentriebwerke kannte man seit dem Ende des Zweiten Weltkrieges. Bei ihrer Verwendung für Passagierflugzeuge zeigte sich allerdings, dass diese Art von Triebwerken technisch noch längst nicht ausgereift war. Ihr größter Nachteil war ihre Unwirtschaftlichkeit: Sie verbrauchten riesige Mengen an Kraftstoff und konnten deshalb nur Kurzstrecken fliegen oder mussten bei längeren Strecken

mehrere Zwischenlandungen vornehmen. Deshalb bauten die Flugzeughersteller noch einige Jahre lang Verkehrsflugzeuge mit Kolbenmotoren. Typische Vertreter dieser Klasse stellen die Lockheed Super Constellation und die Boeing 377 Stratocruiser dar, die beide 100 Fluggäste mit einer Geschwindigkeit von fast 500 km/h über den Atlantik befördern konnten.

Ende der 40er Jahre arbeiteten die Triebwerkspezialisten an der Entwicklung schubstärkerer Düsenmotoren. Eine Neuerung stellte der Turboprop-Antrieb dar, bei dem eine Düsenturbine die herkömmlichen Propeller antrieb. Das neue Triebwerk diente als Antrieb für die 1953 in Dienst gestellte britische Vickers Viscount. Fast 450 Viscount wurden gebaut und an Luftverkehrsgesellschaften rund um den Globus verkauft.

Verhängnisvoller Fortschritt

Ein bahnbrechender Fortschritt im Flugzeug- und Triebwerksbau schien gemacht, als sich Ende der 40er Jahre die Comet, das erste Strahlverkehrsflugzeug, in die Luft erhob. Sie flog fast ohne Vibrationen mit einer Geschwindigkeit von knapp 800 km/h. Nach zwei schweren Unfällen, bei denen alle Menschen an Bord ums Leben kamen, wurde sie 1954 aus dem Verkehr gezogen. Die technische Entwicklung war zu schnell vorangetrieben worden.

Genauere Untersuchungen ergaben als Unfallursache Ermüdungserscheinungen an der Druckkabine. Die Comet war für große Flughöhen konstruiert worden, in denen ihre Triebwerke am wirksamsten arbeiten. In diesen Höhen schwächte der Druck zwischen der Kabine und der dünnen Außenluft die Metallhaut des Flugzeuges so erheblich, dass sich Risse bildeten und die Comet schließlich in der Luft explodierte. Diese Erkenntnisse führten zu einer Neuentwicklung in der Rumpfkonstruktion düsengetriebener Flugzeuge.

Jets auf dem Vormarsch

Kaum hatte man die Probleme in den Griff bekommen, verdrängten die Düsenflugzeuge die propellergetriebenen Maschinen in die Flotten der führenden Luftverkehrsgesellschaften. Mit den schnellen, größeren Jets konnten mehr Passagiere als zuvor transportiert werden, was wiederum zu einer Verbilligung der

Flugtarife führte – das Zeitalter des Massenluftverkehrs hatte begonnen. Bei vielen Passagierjets befanden sich die Triebwerke nicht mehr unter den Flügeln, sondern am Heck des Rumpfes, was zu einer beträchtlichen Lärmreduzierung führte. Die französische Caravelle trug beispielweise ihre beiden Triebwerke in Condeln links und rechts am Rumpf in unmittelbarer Nähe des Leitwerks. Diese Anordnung hatten auch die British BAC One-Eleven, die sowjetische Tupolew Tu-134 und die amerikanische DC-9. Andere Flugzeuge wiederum hatten drei heckmontierte Triebwerke. So zum Beispiel die Boeing 727, die mit fast 1800 weltweit im Dienst befindlichen Maschinen zu den erfolgreichsten Verkehrsflugzeugen aller Zeiten gehört. Wie die vierstrahlige VC 10 und die meisten der jüngeren Verkehrsmaschinen verfügt sie über Mantelstromtriebwerke, die noch leiser arbeiten als die Strahltriebwerke.

Die Jumbos kommen

In den 70er Jahren kamen die Großraumjets auf – die DC 10, die Lockheed TriStar, der europäische Airbus A-300 und die Boeing 747 (Bild 2.1). angetrieben von leistungsfähigen Mantelstromtriebwerken, beherrschen diese Riesen heute die Langstreckenrouten. Die 747 – auch Jumbo Jet genannt – ist das bekannteste Flugzeug dieser Art. Mit einer Länge von über 70 m, einer Spannweite von fast 60 m und einer Reichweite von mehr als 12000 km kann sie eine Reisegeschwindigkeit von über 940 km/h erreichen. In der Standardausführung haben mehr als 500 Passagiere Platz. An Bord befindet sich gewöhnlich eine Crew von 20 Personen: Flugkapitän, Erster Offizier und Flugingenieur sowie eine Kabinenbesatzung von 17 Personen. In der modernsten Version finden bis zu 660 Passagiere Platz. Bis zum Erscheinen des Airbus A-340 flog die 747 auf den längsten Nonstop-Routen der Welt.

In den 70er und 80er Jahren erkannten die europäischen Flugzeugbauer, dass sie nicht länger mit den amerikanischen Herstellern konkurrieren konnten. Sie gründeten die Airbus Industrie, ein Gemeinschaftsunternehmen von fünf europäischen Ländern. Die Endmontage der Flugzeuge erfolgt in Frankreich. Die Triebwerke kommen aus den USA und Teile des Rumpfes und der Flügel aus

Deutschland, Frankreich, Großbritannien, den Niederlanden und aus Spanien. Um das Gewicht zu senken, hat man Metallelemente durch Kunststoffbauteile ersetzt. Im Cockpit lösten mehrfarbige Bildschirme die mechanischen Anzeigen ab und Rechner unterstützen die Triebwerksregelung sowie die Flugzeugführung.

2.4 Übungen zum Text

Übung 1 Beantworten Sie die Fragen

- 1 Seit wann rollten die ersten Düsenverkehrsflugzeuge?
- 2 Welche Reichweite hatten die ersten 707?
- 3 Wie viele Fluggäste beförderten die ersten 707?
- 4 Welche Nachteile hatten die ersten Düsentriebwerke?
- 5 Wie hieß das erste Strahlverkehrsflugzeug?
- 6 Mit welcher Geschwindigkeit flog es?
- 7 Wo befanden sich bei vielen Passagierjets die Triebwerke?
- 8 Welche Flugleistungen hatten die Jambos?

Übung 2 Bringen Sie die Sätze in die richtige Reihenfolge

1	Mit den schnellen, größeren Jets konnten mehr Passagiere als zuvor transportiert werden.
2	Um das Gewicht zu senken, hat man Metallelemente durch Kunststoffbauteile ersetzt.
3	Das Zeitalter des Düsenluftverkehrs begann 1952.
4	Fast 450 Viscount wurden gebaut und an Luftverkehrsgesellschaften rund um den Globus verkauft.
5	Bei vielen Passagierjets befanden sich die Triebwerke nicht mehr unter den Flügeln, sondern am Heck des Rumpfes.
6	Die ersten 707 hatten eine Reichweite von 7700 km und beförderten fast 100 Fluggäste.
7	Die 747 – auch Jumbo Jet genannt – ist das bekannteste Flugzeug dieser Art.
8	Ende der 40er Jahre arbeiteten die Triebwerkspezialisten an der Entwicklung schubstärkerer Düsenmotoren.

Übung 3 Worauf beziehen sich die im Text erwähnten Zahlen?

1952 17 500 1954 1800 70 12000 60 940 7700
1953 880

Übung 4 Setzen Sie die folgenden Wörter in die Lücken ein:

Flugkapitän Kabinenbesatzung genannt Spannweite
Reisegeschwindigkeit Platz beherrschen Nonstop-Routen europäische
Standartausführung

In den 70er Jahren kamen die Großraumjets auf – die DC 10, die Lockheed TriStar, der _____ Airbus A-300 und die Boeing 747 (Bild 3). angetrieben von leistungsfähigen Mantelstromtriebwerken, _____ diese Riesen heute die Langstreckenrouten. Die 747 – auch Jumbo Jet _____ – ist das bekannteste Flugzeug dieser Art. Mit einer Länge von über 70 m, einer _____ von fast 60 m und einer Reichweite von mehr als 12000 km kann sie eine _____ von über 940 km/h erreichen. In der _____ haben mehr als 500 Passagiere Platz. An Bord befindet sich gewöhnlich eine Crew von 20 Personen: _____, Erster Offizier und Flugingenieur sowie eine _____ von 17 Personen. In der modernsten Version finden bis zu 660 Passagiere _____. Bis zum Erscheinen des Airbus A-340 flog die 747 auf den längsten _____ der Welt.

Übung 5 Schauen Sie sich das Bild an und beantworten Sie die Fragen



Bild 3

- 1 Was ist auf dem Foto dargestellt?
- 2 Wie vielen Passagieren bietet es Platz?
- 3 Welche Reisegeschwindigkeit erreicht es?
- 4 Wie sind die Spannweite und die Reichweite dieses Flugzeuges?
- 5 Wovon wird dieses Flugzeug angetrieben?
- 6 Wann kam es auf?

Übung 6 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes nicht?

- 1 Auf dem weltweiten Liniennetz sind heute mehr als 13 000 Passagierjets im Einsatz.
- 2 Die ersten 707 hatten eine Reichweite von 7700 km und beförderten fast 150 Fluggäste.
- 3 Düsentriebwerke verbrauchten riesige Mengen an Kraftstoff und konnten deshalb nur Kurzstrecken fliegen.
- 4 Die Comet flog fast ohne Vibrationen mit einer Geschwindigkeit von knapp 880 km/h.
- 5 Mit den schnellen, größeren Jets konnten weniger Passagiere als zuvor transportiert werden.
- 6 Die Endmontage der Flugzeuge erfolgt in Frankreich.
- 7 Im Cockpit lösten mehrfarbige Bildschirme die mechanischen Anzeigen ab.
- 8 Die französische Caravelle trug beispielweise ihre beiden Triebwerke in Condeln links am Rumpf in unmittelbarer Nähe des Leitwerks.

Übung 7 Ergänzen Sie die Sätze. Gebrauchen Sie dabei die Wörter aus dem Text

- 1 Die ersten 707 hatten eine Reichweite
- 3 Ihr größter Nachteil war ihre Unwirtschaftlichkeit:
- 2 In diesen Höhen schwächte der Druck zwischen
- 4 An Bord befindet sich gewöhnlich eine Crew

5 Die Triebwerke kommen aus den USA

6 Im Cockpit lösten mehrfarbige Bildschirme

Übung 8 Geben Sie kurz den Inhalt des Textes wieder

2.5 Text 2 Im Innern der Concorde (Übersetzen Sie den Text schriftlich!)

Verglichen mit dem Jumbo ist die Kabine der schlanken, pfeilförmigen BAe/Aerospatiale Concorde (Bilder 4, 5) eher klein und eng – auf jeder Kabinenseite des Flugzeugs sind nur zwei Sitzreihen angeordnet. Jede der vier Rolls-Royce-Olympus-Strahltriebwerke entwickelt eine Schubleistung von 17269 kg.

Die bemerkenswerteste aller modernen Verkehrsmaschinen, die Concorde, absolvierte im März 1969 ihren Erstflug. Sie steht als einzige Überschallpassagiermaschine der Welt im Liniendienst. British Airways und Air France setzen die Concorde auf ihren Liniendiensten von London nach New York, Washington und Barbados sowie von Paris nach New York ein. Im Gegensatz zu den meisten Verkehrsflugzeugen hat die Concorde Strahltriebwerke, die beim Start zwar sehr laut sind, in einer Flughöhe von 16500 m jedoch sehr wirtschaftlich arbeiten. Mit einer Steiggeschwindigkeit von mehr als 900 m/min erreicht sie bald ihre Reiseflughöhe und ihre Höchstgeschwindigkeit von 2333 km/h, das heißt die 2,2 fache Schallgeschwindigkeit. Bei dieser Geschwindigkeit gelangen die Passagiere in drei Stunden und 20 Minuten nach New York. Von der Concorde gingen nur 16 Flugzeuge in Serie, der Bau wurde 1979 eingestellt. Viele Länder hatten dem Überschallflugzeug aufgrund der Lärmbelastigung die Überflug- und Landesrechte nicht erteilt.

2.6 Übungen zum Text

Übung 1 Stellen Sie die Fragen zu den folgenden Sätzen

1 Die bemerkenswerteste aller modernen Verkehrsmaschinen, die Concorde, absolvierte im März 1969 ihren Erstflug.

2 Mit einer Steiggeschwindigkeit von mehr als 900 m/min erreicht sie bald ihre Reiseflughöhe und ihre Höchstgeschwindigkeit von 2333 km/h.

Übung 2 Betrachten Sie aufmerksam Bilder 4, 5. Nennen Sie alle inneren Abteilungen und Ausrüstungen der Concorde. Übersetzen Sie sie ins Russische. Gebrauchen Sie dabei das Wörterbuch

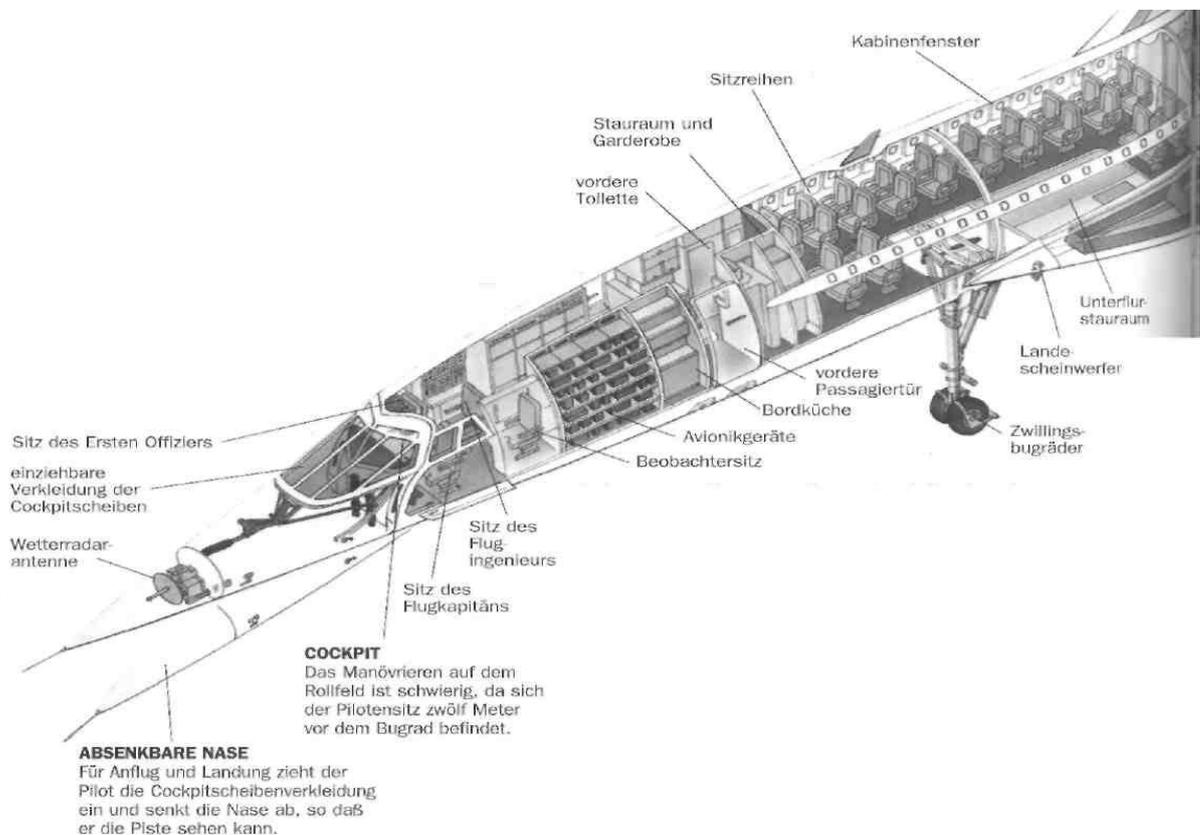


Bild 4

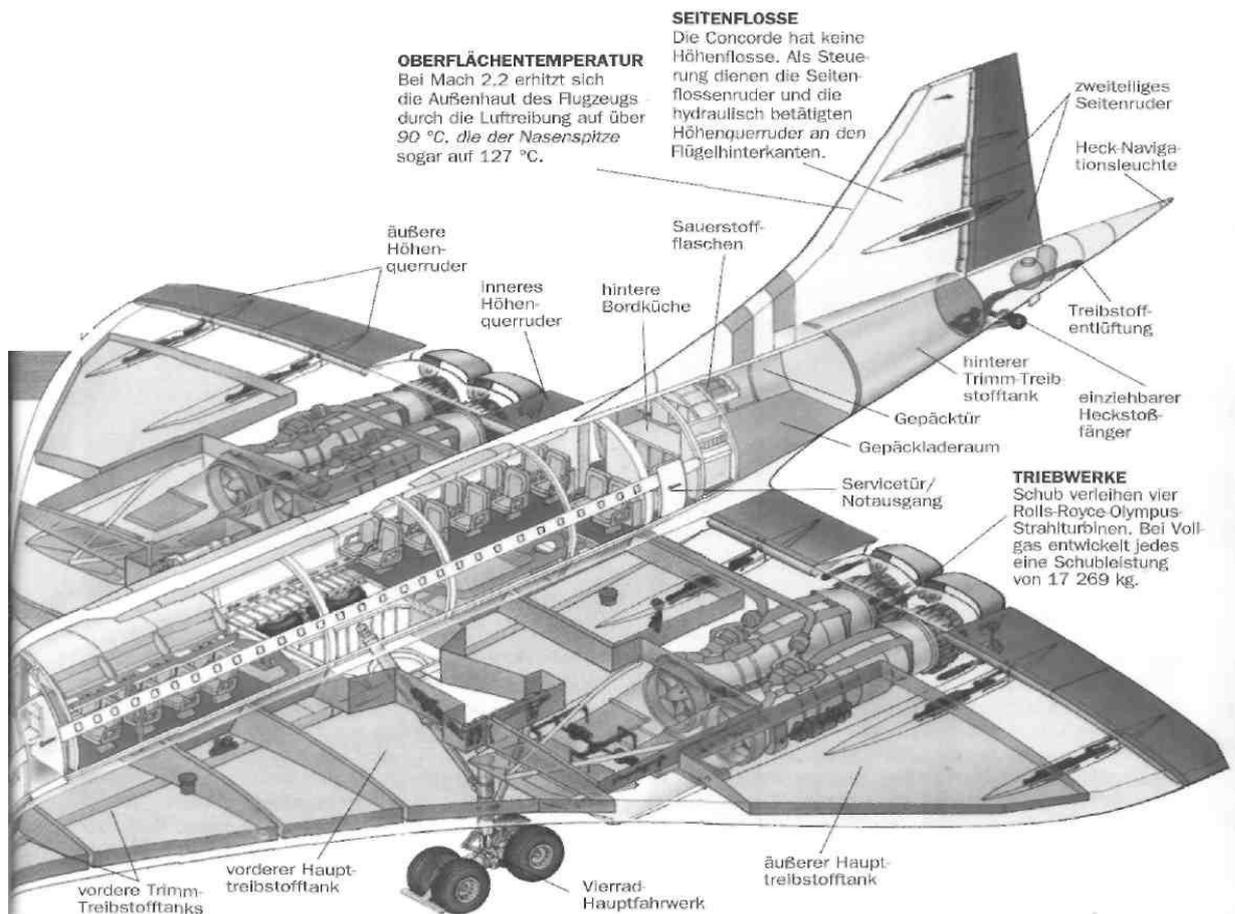


Bild 5

Übung 3 Setzen Sie die folgenden Wörter in die Lücken ein:

Flugzeuge Schallgeschwindigkeit Flughöhe Stunden
 Steiggeschwindigkeit wirtschaftlich Start Passagiere Gegensatz

Im _____ zu den meisten Verkehrsflugzeugen hat die Concorde Strahltriebwerke, die beim _____ zwar sehr laut sind, in einer _____ von 16500 m jedoch sehr _____ arbeiten. Mit einer _____ von mehr als 900 m/min erreicht sie bald ihre Reiseflughöhe und ihre Höchstgeschwindigkeit von 2333 km/h, das heißt die 2,2 fache _____. Bei dieser Geschwindigkeit gelangen die _____ in drei _____ und 20 Minuten nach New York. Von der Concorde gingen nur 16 _____ in Serie, der Bau wurde 1979 eingestellt.

3 Teil 3 Segelflugzeuge

3.1 Der aktive Wortschatz

das Segelflugzeug	планер
die Tragfläche	несущая поверхность, крыло
der Anhänger	прицеп
das Rad	колесо
landen	приземляться
die Reise Flughöhe	крейсерская высота
der Flugplatz	взлётно-посадочная площадка
der Luftstrom	воздушный поток
aufsteigen	подниматься
der Tragflügel	крыло
aufwärtsgerichtet	направленный вверх
der Auftrieb	подъёмная сила
erzeugen	вырабатывать
der Flugzeugschleppstart	старт с буксировки за самолётом
das Motorflugzeug	самолёт с поршневым (винтовым)
двигателем	
schleppen	тащить, буксировать
der Bodenstart	наземный подъём
die Seilwinde	тросовая лебёдка
der Segler	планер
der Aufwind	восходящий воздушный поток
das Schleppseil	буксировочный трос
der Luftwiderstand	сопротивление воздуха
die Gleitzahl	планирующее число
die Flugstrecke	маршрут, отрезок полёта
ziehen	тащить

3.2 Vorübungen zum Text

Übung 1 Wortzusammensetzungen. Welche Wortteile in A passen zu welchen Teilen in B?

A	B
Segel Trag Schlepp Luft	-seil -strecke -start -winde
Gleit Boden Flug	-widerstand -flugzeug -zahl
Seil	-flügel

Übung 2 Übersetzen Sie die folgenden Wortpaare:

der Start – die Landung

der Motorsegler – das Motorflugzeug

der Vortrieb – der Auftrieb

aufwärtsgerichtet – vorwärtsgerichtet

der Flugzeugschleppstart – der Bodenstart

gering – ungering

bewegt – unbewegt

fliegen - schweben

Übung 3 Schreiben Sie aus dem Text zusammengesetzte Substantive aus, die die folgenden Wörter einschließen. Übersetzen Sie sie ins Russische:

Flugzeug, Luft, Höhe Flug, Geschwindigkeit, Segel, Gleit

Übung 4 Wählen Sie aus der linken Spalte russische Übersetzungen der Wörter:

1) der Auftrieb

1) взлетно-посадочная площадка

2) der Anhänger

2) развивать далее

3) die Luftfahrt

3) прицеп

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 4) erzeugen | 4) расстояние |
| 5) die Startpiste | 5) подъёмная сила |
| 6) der Flugplatz | 6) вырабатывать |
| 7) weiterentwickeln | 7) авиация |
| 8) die Entfernung | 8) взлётная полоса |

Übung 5 Lesen Sie den vorliegenden Text, übersetzen Sie ihn ins Russische

3.3 Text 1 Segelflugzeuge

Ein Flugzeug ohne Motor, dessen Tragflächen sich leicht abmontieren lassen, damit man es in einem langen, schmalen Anhänger verstauen und mit dem eigenen Auto bequem über Land transportieren kann, und das noch dazu auf einem einzigen Rad auf einer holprigen Wiese landet, scheint kein besonders sicheres Luftgefährt zu sein. Doch die spartanische Bauweise täuscht. Segelflugzeuge haben eine lange Tradition. Die Pioniere der Luftfahrt unternahmen ihre ersten Flüge mit Gleitfliegern - Otto Lilienthal zum Beispiel ab 1891, die Gebrüder Wright ab 1900. Der erste Motorflug fand erst im Jahr 1903 statt.

Auch wenn es die Motorflugzeuge waren, die zu kommerziellen und militärischen Zwecken weiterentwickelt wurden, beschäftigte man sich doch weiterhin mit dem Segelflug. Die wichtigsten fliegerischen Grundlagen wurden in den 20er und 30er Jahren unseres Jahrhunderts in Deutschland vor allem in der Rhön erarbeitet.

Heute können Segelflugzeuge ohne Unterbrechung (nonstop) große Entfernungen zurücklegen und dabei Höhen von fast 15 000 m erreichen - beachtlich, wenn man bedenkt, dass Verkehrsmaschinen eine Reiseflughöhe von rund 10 000 m haben. Meist sehen wir sie aber nicht weit vom Flugplatz am Himmel Kreise und Achten ziehen. Dabei machen sich die Piloten aufsteigende Luftströme zunutze.

Wie Motorflugzeuge halten sich auch Segelflugzeuge in der Luft, weil sie so schnell fliegen, dass die Luftströmungen über und unter den Tragflügeln eine

aufwärtsgerichtete Kraft, den Auftrieb, erzeugen. Nur beim Start sind Segelflugzeuge auf Hilfe angewiesen, weil sie die für den Auftrieb notwendige Geschwindigkeit nicht aus eigener Kraft erreichen können. Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten zu starten. Beim Flugzeugschleppstart schleppt ein Motorflugzeug den Segler in die Luft. Beim Bodenstart wird das Segelflugzeug von einem Auto oder einer Seilwinde über flaches Gelände oder eine Startpiste gezogen. Dabei erreicht der Segler nur eine geringe Ausgangshöhe. Sobald das Segelflugzeug die Winde passiert, klinkt sich das Seil automatisch aus.

Für Langstreckenflüge werden Segler meist von einem Motorflugzeug in etwa 900 m Höhe geschleppt. Nachdem das Schleppseil ausgeklinkt ist, sorgt der Pilot durch eine leicht kopflastige Fluglage zunächst dafür, dass die Fluggeschwindigkeit beibehalten wird. Dazu geht er in einen flachen Sinkflug über. So sichert er einen gleichbleibenden Auftrieb, verliert jedoch an Höhe. Um wieder aufzusteigen, macht sich der Pilot Aufwinde oder die Thermik zunutze. Die meisten Flüge erstrecken sich zwar nur über Stunden, unter idealen Bedingungen konnten sich Segelflugzeuge jedoch bis zu 70 Stunden in der Luft halten.

Segelflugzeuge bieten nur geringen Luftwiderstand. Ihre strömungsgünstige Form verleiht ihnen eine Gleitzahl, die über der eines Motorflugzeuges liegt. So hat ein gewöhnliches Segelflugzeug eine Gleitzahl von etwa 1:25. Das bedeutet, dass das Flugzeug auf 25 km Flugstrecke in unbewegter Luft nur 1 km an Höhe verliert. Hochleistungs-Segelflugzeuge erreichen Gleitzahlen bis 1:60.

3.4 Übungen zum Text

Übung 1 Beantworten Sie die Fragen

- 1 Ab wann unternahmen die Pioniere der Luftfahrt ihre ersten Flüge mit Gleitfliegern?
- 2 Wo wurden die wichtigsten fliegerischen Grundlagen erarbeitet?
- 3 Warum halten sich auch Segelflugzeuge in der Luft?
- 4 Warum sind Segelflugzeuge beim Start auf Hilfe angewiesen?

5 Welche Möglichkeiten zu starten gibt es?

6 Wie viele Stunden konnten sich Segelflugzeuge unter idealen Bedingungen in der Luft halten?

7 Wie verstehen Sie das „Gleitzahl“?

8 Warum bieten Segelflugzeuge nur geringen Luftwiderstand?

Übung 2 Bringen Sie die Sätze in die richtige Reihenfolge

1	Heute können Segelflugzeuge ohne Unterbrechung große Entfernungen zurücklegen und dabei Höhen von fast 15 000 m erreichen.
2	Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten zu starten.
3	Die wichtigsten fliegerischen Grundlagen wurden in den 20er und 30er Jahren unseres Jahrhunderts in Deutschland erarbeitet.
4	Beim Bodenstart wird das Segelflugzeug von einem Auto oder einer Seilwinde über flaches Gelände oder eine Startpiste gezogen.
5	Dabei machen sich die Piloten aufsteigende Luftströme zunutze.
6	Segelflugzeuge haben eine lange Tradition.
7	Beim Flugzeugschleppstart schleppt ein Motorflugzeug den Segler in die Luft.
8	Der erste Motorflug fand erst im Jahr 1903 statt.

Übung 3 Worauf beziehen sich die im Text erwähnten Zahlen?

1903 20 15 000 1891 10 000 1900 1:25 1:60

Übung 4 Setzen Sie folgende Wörter in die Lücken ein:

Segelflugzeuge Seil Motorflugzeug Geschwindigkeit Startpiste
Bodenstart Tragflügel Hilfe Auftrieb Möglichkeiten Ausgangshöhe

Wie Motorflugzeuge halten sich auch _____ in der Luft, weil sie so schnell fliegen, dass die Luftströmungen über und unter den _____ eine aufwärtsgerichtete Kraft, den _____, erzeugen. Nur beim Start sind Segelflugzeuge auf _____ angewiesen, weil sie die für den Auftrieb notwendige _____ nicht aus eigener Kraft erreichen können. Es gibt zwei grundsätzlich verschiedene _____ zu starten. Beim Flugzeugschleppstart schleppt ein _____

den Segler in die Luft. Beim _____ wird das Segelflugzeug von einem Auto oder einer Seilwinde über flaches Gelände oder eine _____ gezogen. Dabei erreicht der Segler nur eine geringe _____. Sobald das Segelflugzeug die Winde passiert, klinkt sich das _____ automatisch aus.

Übung 5 Schauen Sie sich das Bild 6 an und beantworten Sie die Fragen

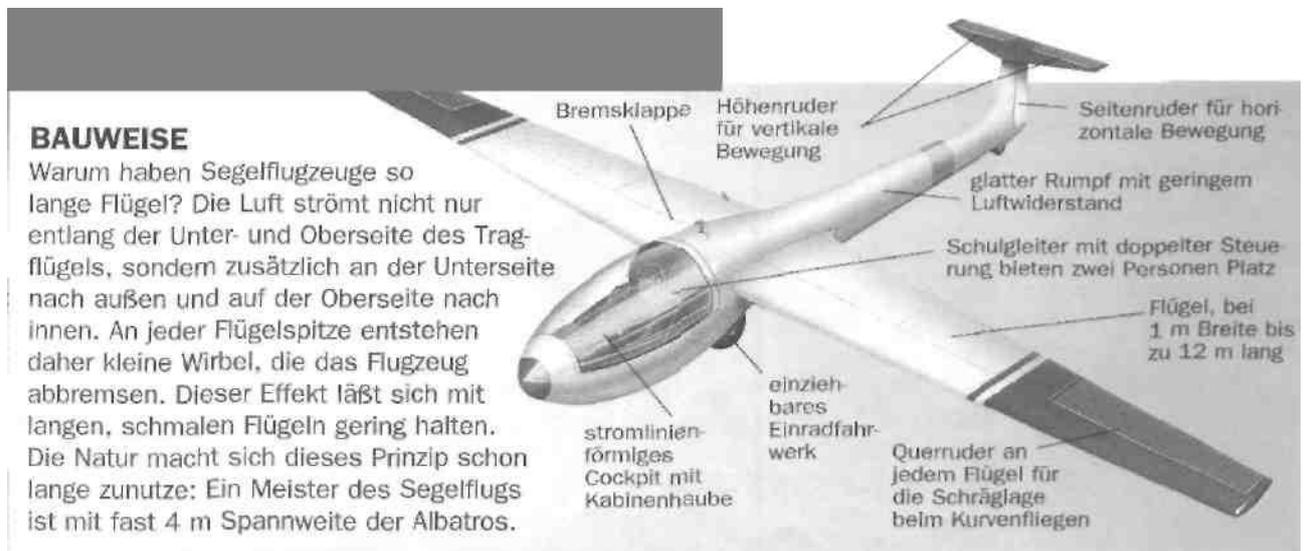


Bild 6

- 1 Was ist auf dem Foto dargestellt?
- 2 Warum haben Segelflugzeuge so lange Flügel?
- 3 Wer ist der Meister des Segelflugs?
- 4 Wie ist die Bauweise des Seglers?
- 5 Möchten Sie damit fliegen?

Übung 6 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes nicht?

- 1 Auch wenn es die Motorflugzeuge waren, die zu kommerziellen und militärischen Zwecken weiterentwickelt wurden.
- 2 Heute können Segelflugzeuge ohne Unterbrechung große Entfernungen zurücklegen und dabei Höhen von fast 10 000 m erreichen.
- 3 Meist sehen wir sie aber nicht weit vom Flugplatz am Himmel Kreise und

Achten ziehen.

4 Nur beim Start sind Segelflugzeuge auf Hilfe angewiesen, weil sie die für den Auftrieb notwendige Geschwindigkeit nicht aus eigener Kraft erreichen können.

5 Es gibt drei grundsätzlich verschiedene Möglichkeiten zu starten.

6 Für Langstreckenflüge werden Segler meist von einem Motorflugzeug in etwa 800 m Höhe geschleppt.

7 So sichert er einen gleichbleibenden Auftrieb, verliert jedoch an Höhe.

8 Die meisten Flüge erstrecken sich nicht über Stunden

9 So hat ein gewöhnliches Segelflugzeug keine Gleitzahl von etwa 1:25.

10 Das Flugzeug verliert auf 25 km Flugstrecke in unbewegter Luft nur 1 km an Höhe.

11 Die Pioniere der Luftfahrt unternahmen ihre ersten Flüge mit Gleitfliegern Otto Lilienthal und die Gebrüder Wright.

12 Ein Flugzeug ohne Motor, dessen Tragflächen sich leicht abmontieren lassen, scheint ein besonders sicheres Luftgefährt zu sein.

Übung 7 Ergänzen Sie die Sätze. Gebrauchen Sie dabei die Wörter aus dem Text

1 Der erste Motorflug fand

3 Die wichtigsten fliegerischen Grundlagen wurden

2 Meist sehen wir sie aber nicht weit

4 Dabei machen sich die Piloten

5 Beim Flugzeugschleppstart schleppt

6 Dabei erreicht der Segler

7 Nachdem das Schleppseil ausgeklinkt ist,

8 Segelflugzeuge bieten

9 Um wieder aufzusteigen

10 Unter idealen Bedingungen konnten sich Segelflugzeuge

11 Wie Motorflugzeuge halten sich auch Segelflugzeuge

4 Teil 4 Hubschrauber

4.1 Der aktive Wortschatz

der Helikopter	вертолет
der Auftrieb	подъемная сила
der Vortrieb	сила тяги
der Rotor	несущий винт
das Getriebe	механизм, передача
antreiben	приводить в движение (в действие)
das Kolbentriebwerk	поршневой двигатель
das Gasturbinentriebwerk	газотурбинный двигатель
das Rückstoßprinzip	принцип отдачи
der Gasstrahl	газовая струя
die Schubdüse	реактивное сопло
das Strahltriebwerk	реактивный двигатель
aufweisen	проявлять, иметь, обнаруживать
die Anlage	устройство, установка
das Schwenken	вращение
resultieren	следовать, вытекать
starr	жесткий, неподвижно
der Plast	соединенный
der Wegfall	пластмасса, пластик
das Gelenk	отсутствие
die Wartung	шарнир
der Ausgleich	техническое обслуживание
der Tragflügel	выравнивание, уравнивание
	крыло

abgesehen (von D)	не считая, помимо
der Stummel	кончик
der Ausleger	стрела, консоль
die Überwachung	контроль, наблюдение
der Steigflug	крутой подъем
die Tragschraube	несущий винт вертолета
der Kraftstoffbehälter	топливный бак
das Windmühlenflugzeug	самолет с принципом ветряной мельницы
die Luftschraube	воздушный винт
der Rumpf	фюзеляж

4.2 Vorübungen zum Text

Übung 1 Übersetzen Sie die folgenden zusammengesetzte Substantive ins Russische

die Druckluft, das Rückstoßprinzip, die Ausgleichs- und Steuerschraube, die Bewegungsmöglichkeit, das Rotorblatt, der Senkrechtstart, die Horizontalgeschwindigkeit, die Schwebeeigenschaft, der Drehmomentausgleich, der Kurzstreckenluftverkehr, die Schädlingsbekämpfung, die Straßenverkehrsüberwachung, die Senkrechtlandung, die Tragflügel.

Übung 2 Übersetzen Sie die folgenden Wortverbindungen

kleine Strahltriebwerke, starre Rotoren, der glasfaserverstärkte Plast, das hervorgerufene Drehmoment, die starre Hilfstragflügel, übereinanderliegende gegenläufige Rotoren, zwischenstädtischer Kurzstreckenluftverkehr, militärische Zwecke, der zusätzliche Vortrieb, mehrere Luftschrauben, die hohe Horizontalgeschwindigkeit.

Übung 3 Wählen Sie aus der linken Spalte russische Übersetzungen der Wörter der rechten Spalte:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1) der Rotor | 1) лопасть |
| 2) die Schubdüse | 2) принцип отдачи |
| 3) das Getriebe | 3) выравнивание |
| 4) der Auftrieb | 4) вырабатывать |
| 5) der Ausgleich | 5) крыло |
| 6) der Tragflügel | 6) техническое обслуживание |
| 7) die Luftschraube | 7) приводить в движение |
| 8) erzeugen | 8) несущий винт |
| 9) die Wartung | 9) свойство парения |
| 10) der Rumpf | 10) подъемная сила |
| 11) das Rückstoßprinzip | 11) механизм, передача |
| 12) das Rotorblatt | 12) производить |
| 13) der Senkrechtstart | 13) реактивное сопло |
| 14) der Kurzstreckenluftverkehr | 14) фюзеляж |
| 15) die Schwebbeeigenschaft | 15) перевозки на короткие расстояния |
| 16) antreiben | 16) вертикальный взлет |

Übung 4 Ein Wort passt nicht. Welches? Kreuzen Sie an:

- a) antreiben: Getriebe - Helikopter - Kraftstoff;
- b) verbrauchen: Drehbewegung - Treibstoff - Kraftstoff;
- c) schweben: Hubschrauber - Geschwindigkeit - Segelflugzeug;
- d) ausnutzen: Kraft- Rückstoßprinzip - Vortrieb;
- e) landen: Luft - Flugzeug- Helikopter;
- f) erzeugen: Vortrieb- Wartung - Auftrieb;
- g) ausrüsten: Tragflügel - Rotor- Kraftstoff

Übung 5 Lesen Sie den vorliegenden Text, übersetzen Sie ihn ins Russische

4.3 Text Hubschrauber

Ohrenbetäubendes Knattern verrät uns schon von weitem, dass sich ein Helikopter nähert. Die wendigen Hubschrauber sind bei einer Vielzahl von Rettungs-, Bergungs- und anderen Hilfseinsätzen unentbehrlich.

Hubschrauber gibt es in verschiedenen Bauarten und Größen - vom leichtgewichtigen Lufttaxi bis zu Hochleistungsdrehflüglern mit zwei Rotoren. Sie alle sind erstaunlich manövrierfähig und können praktisch überall starten und landen, vorwärts, rückwärts und seitwärts fliegen oder bewegungslos an einer Stelle über dem Erdboden schweben. Im Horizontalflug mit geringer Geschwindigkeit bewegen sie sich sogar sicherer als jedes andere Flugzeug. Andererseits haben Hubschrauber eine kürzere Reichweite als Starrflügler und sind kostspieliger im Betrieb, da sie mehr Treibstoff verbrauchen.

Hubschrauber erhalten Auftrieb und Vortrieb durch einen Rotor (manchmal auch mehrere Rotoren), der meist über ein Getriebe von einem Kolben- oder Gasturbinentriebwerk angetrieben wird. Bei manchen Typen wird das Rückstoßprinzip zum Antrieb des Rotors ausgenutzt, indem man einen Gasstrahl oder Druckluft horizontal aus Schubdüsen an den Blattspitzen austreten lässt oder kleine Strahltriebwerke unmittelbar an den Blattspitzen anordnet (Blattspitzenantrieb). Hubschrauber weisen keine besondere Anlage zur Vortriebserzeugung auf, sondern hierfür wird die Horizontalkomponente der resultierenden Kraft des Rotors ausgenutzt, die durch Schwenken der Rotorwelle oder durch Verstellung der Rotorblätter erzeugt wird.

In Entwicklung befinden sich starre Rotoren, meist aus glasfaserverstärktem Plast, die durch den Wegfall von Gelenken Vorteile in Bezug auf Wartung und Geschwindigkeit bieten. Zum Ausgleich des durch die Drehung des Rotors hervorgerufenen Drehmoments dient eine Ausgleichs- oder Steuerschraube am Heck. Außer den Bewegungsmöglichkeiten eines normalen Flugzeugs haben Hubschrauber die Fähigkeiten von Senkrechtstart und -landung sowie des Schwebeflugs (Stillstand in der Luft). Zur Erhöhung der

Horizontalgeschwindigkeit sind Hubschrauber in Einzelfällen mit starren Hilfstragflügeln ausgerüstet, die beim Horizontalflug zusätzlich Auftrieb erzeugen, so dass der Rotor mehr Vortriebskraft erzeugt. Durch die Tragflügel werden jedoch die Schwebeseigenschaften solcher Verbund-Hubschrauber beeinträchtigt. Die Hubschrauber unterscheiden sich abgesehen von ihrer Größe im wesentlichen durch Anordnung und Anzahl ihrer Rotoren; es gibt folgende Varianten:

- 1) ein zentraler Rotor mit oder ohne Drehmomentausgleich;
- 2) zwei in Achsrichtung übereinanderliegende gegenläufige Rotoren;
- 3) zwei in Tandemanordnung hintereinanderliegende Rotoren;
- 4) zwei auf Flügelstummeln oder Auslegern nebeneinanderliegende Rotoren;
- 5) zwei nebeneinanderliegende, ineinanderkämmende Rotoren;
- 6) mehr als zwei Rotoren.

Hubschrauber finden Verwendung im zwischenstädtischen Kurzstrecken-Luftverkehr („Lufttaxi“), zur Schädlingsbekämpfung in der Land- und Forstwirtschaft, zum Krankentransport, im Seenot- und Bergnot-Rettungsdienst, als „fliegender Kran“ im Bauwesen, zur Straßenverkehrsüberwachung sowie für militärische Zwecke.

Verwandlungs-Hubschrauber, die noch in Entwicklung sind, erzeugen den Auftrieb für Senkrechtstart, Steigflug und Senkrechtlandung durch Rotoren, für den Horizontalflug jedoch durch starre Tragflügel. Dabei wird das gesamte Rotorsystem entweder eingezogen oder so geschwenkt, daß die Rotoren die Aufgaben von Luftschauben übernehmen, also Vortrieb liefern.

Tragschrauber (Autogiro, Windmühlenflugzeuge) weisen nur für den Vortrieb ein Triebwerk auf; die Tragschraube läuft im Flug durch die Anströmung der Luft frei mit (Autorotation).

Flugschrauber sind Hubschrauber mit zusätzlichem Vortrieb durch eine oder mehrere Luftschauben. Der Rotor wird ebenso wie die Luftschauben (im Unterschied zum Tragschrauber) angetrieben und kann als Trag- oder Hubschraube verwendet werden. Er hat entweder ein eigenes Triebwerk oder Luftschraube(n)

und Rotor werden gemeinsam von einem Triebwerk versorgt. Flugschrauber mit zusätzlichen starren Tragflügeln werden als Kombinations-Flugschrauber bezeichnet. Infolge der Entlastung des Rotors durch die Tragflügel erzielen sie im Reiseflug eine höhere Horizontalgeschwindigkeit als reine Flugschrauber und weisen die Vorteile von Starr- und Drehflüglern auf.

4.4 Übungen zum Text

Übung 1 Übersetzen Sie die folgenden Wortverbindungen aus dem Russischen ins Deutsche

Выравнивание момента вращения, подъемная сила, поршневой двигатель, принцип отдачи, использовать силу несущих винтов, парящий полет, оснащать жесткими вспомогательными крыльями, рулевой винт в хвостовой части, вертикальный взлет и посадка, расположенные друг над другом противоположно вращающиеся несущие винты, контроль за уличным движением, находить применение в борьбе с вредителями, вырабатывать подъемную силу для крутого подъема и вертикальной посадки, высокая горизонтальная скорость.

Übung 2 Schreiben Sie zusammengesetzte Wörter aus, die die folgenden Wörter einschließen

Rotor Triebwerk Schraube Flügel Senkrecht Wirtschaft
Trieb

der Auftrieb, das Kolbentriebwerk, die Ausgleichsschraube, das Rotorblatt, der Antrieb, die Tragschraube, das Rotorsystem, die Landwirtschaft, der Starrflügel, die Luftschraube, der Tragflügel, das Strahltriebwerk, die Rotorwelle, der Flügelstummel, die Hubschraube, der Hilfstragflügel, das Gasturbinentriebwerk, der Vortrieb, die Steuerschraube, die Forstwirtschaft, der Drehflügel.

Übung 3 Beantworten Sie die Fragen

- 1 Wodurch erhalten Hubschrauber Auftrieb und Vortrieb?
- 2 Wozu wird das Rückstoßprinzip ausgenutzt?
- 3 Wozu dient eine Ausgleichs – oder Steuerschraube am Heck?
- 4 Welche Fähigkeiten haben Hubschrauber, außer den Bewegungsmöglichkeiten eines normalen Flugzeuges?
- 5 Wodurch unterscheiden sich die Hubschrauber voneinander?
- 6 Wo finden die Hubschrauber Verwendung?
- 7 Was sind die Verwandlungs-Hubschrauber, Tragschrauber und Flugschrauber?
- 8 Welche Varianten der Hubschrauber gibt es?
- 9 Wozu sind Hubschrauber in Einzelfällen mit starren Hilfstragflügel ausgerüstet?
- 10 Wozu wird die Horizontalkomponente der resultierenden Kraft des Rotors ausgenutzt?

Übung 4 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes?

- 1 Die Hubschrauber unterscheiden sich im wesentlichen durch Anordnung und Anzahl ihrer Rotoren.
- 2 Flugschrauber sind Hubschrauber mit zusätzlichem Auftrieb durch eine oder mehrere Luftschauben.
- 3 Hubschrauber weisen keine besondere Anlage zur Vortriebserzeugung auf.
- 4 Infolge der Entlastung des Rotors durch die Tragflügel erzielen sie im Reiseflug eine niedrige Horizontalgeschwindigkeit.
- 5 Hubschrauber erhalten Auftrieb und Vortrieb durch einen Rotor oder manchmal auch mehrere Rotoren.
- 6 Tragschrauber weisen nur für den Vortrieb ein Triebwerk auf.

Übung 5 Ergänzen Sie die Sätze

- 1 Zur Erhöhung der Horizontalgeschwindigkeit sind ... ausgerüstet.

- 2 Hubschrauber finden Verwendung im
- 3 Der Rotor wird über ... angetrieben.
- 4 Durch die Tragflügel werden ... beeinträchtigt.
- 5 Flugschrauber mit zusätzlichen starren Tragflügeln werden als ... bezeichnet.
- 6 Die Horizontalkomponente wird durch ... erzeugt.

*Übung 6 Bilden Sie Passivsätze (Präsens, Imperfekt, Perfekt, Futurum).
Übersetzen Sie diese Sätze ins Russische (Gr. K. 1)*

- 1 Bei manchen Typen _____ das Rückstoßprinzip zum Antrieb des Rotors _____(ausnutzen).
- 2 Zur Erhöhung der Horizontalgeschwindigkeit _____ Hubschrauber in Einzelfällen mit starren Hilfstragflügeln _____ (ausrüsten).
- 3 Der Rotor _____ ebenso wie die Luftschauben _____ (antreiben).
- 4 Flugschrauber mit zusätzlichen starren Tragflügeln _____ als Kombinations-Flugschrauber _____ (bezeichnen).
- 5 Zur Erhöhung der Horizontalgeschwindigkeit _____ Hubschrauber in Einzelfällen mit starren Hilfstragflügeln _____ (ausrüsten).

Übung 7 Setzen Sie die folgenden Wörter in die Lücken ein:

Betrieb Geschwindigkeit Lufttaxi schweben rückwärts
 verschiedenen manövrierfähig Rotoren praktisch bewegungslos
 sicherer Treibstoff

Hubschrauber gibt es in ... Bauarten und Grossen - vom leichtgewichtigen ... bis zu Hochleistungsdrehflüglern mit zwei Sie alle sind erstaunlich ... und können ... überall starten und landen, vorwärts,und seitwärts fliegen oder ... an einer Stelle über dem Erdboden Im Horizontalflug mit geringer ... bewegen sie sich sogar ... als jedes andere Flugzeug. Andererseits haben Hubschrauber eine kürzere Reichweite als Starrflügler und sind kostspieliger im ..., da sie mehr ...

verbrauchen.

Übung 8 Schauen Sie sich Bilder 7,8 an und beantworten Sie die Fragen

- 1 Was ist auf dem Foto dargestellt?
- 2 Wie ist die Ausrüstung des Hubschraubers?
- 3 Wie ist die Bauweise des Hubschraubers?
- 4 Möchten Sie damit fliegen?

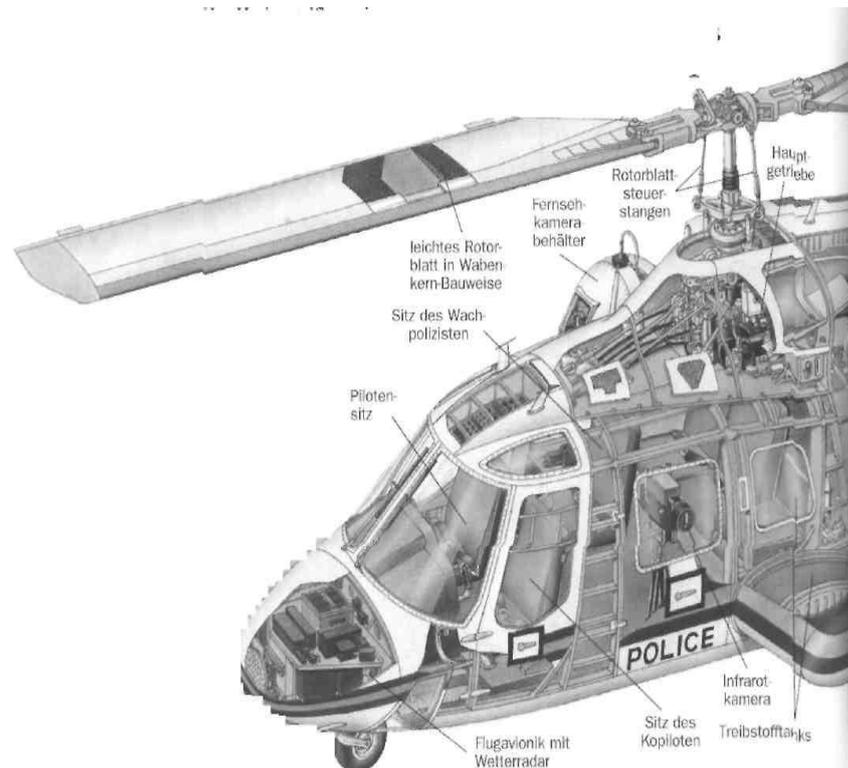


Bild 7

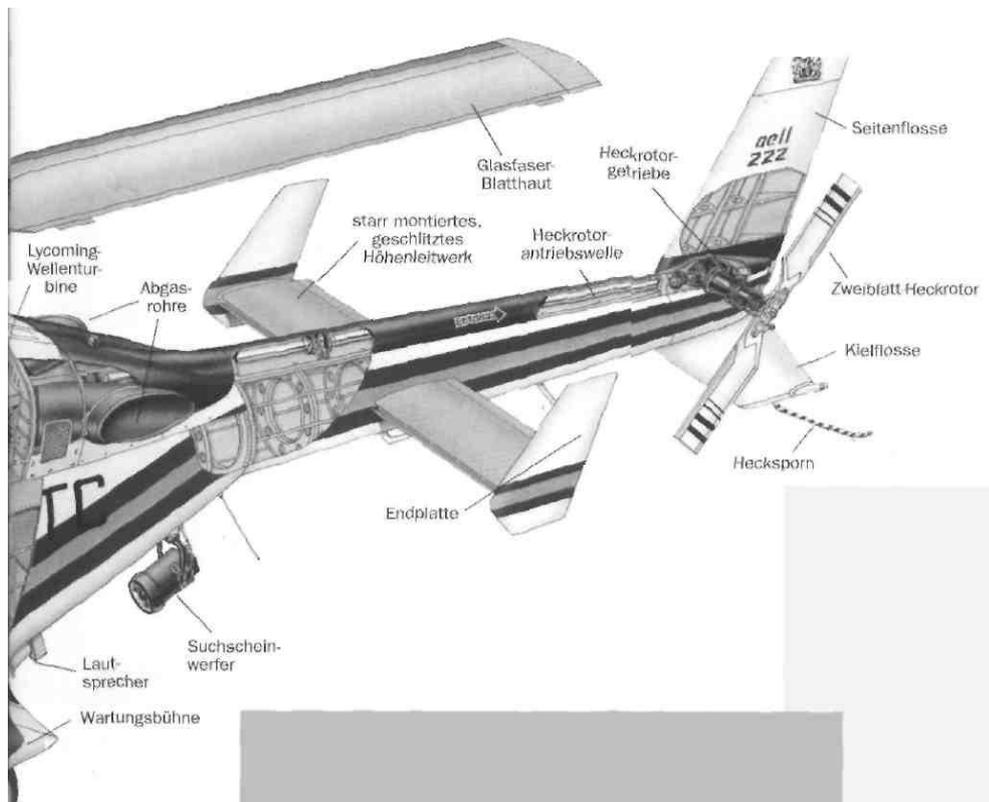


Bild 8

4.5 Text Vielfältige Einsatzmöglichkeiten (Übersetzen Sie den folgenden Text schriftlich)

Unzählige Menschen verdanken ihr Leben dem Einsatz moderner Drehflügler. Rettungshubschrauber nehmen alljährlich Hunderte verletzter oder in Not geratener Bergsteiger und Skifahrer im Gebirge auf und bringen sie in Sicherheit; auf See treffen sie häufig als erste bei Schiffen ein, die einen Notruf abgesetzt haben. Bei Verkehrsunfällen transportieren sie Verletzte innerhalb weniger Minuten ins nächste Krankenhaus, und in Erdbeben- oder Überschwemmungsgebieten können sie von der Außenwelt abgeschnittene Personen schnell bergen.

Seine Fähigkeit zum Langsamflug macht den Helikopter zum idealen Hilfsmittel der Polizei, sei es bei der Verkehrsüberwachung oder bei Fandungs- und Suchaktionen. Grosse Hubschrauber transportieren Mannschaften zu und von den Ölbohrplattformen auf See, und die Techniker der Stromversorgungsunternehmen nutzen Helikopter zur Inspektion des Freiluft-Hochspannungsnetzes sowie zum

Absetzen von Wartungstrupps. Bei großen Bauprojekten kommen Schwerlasthubschrauber zum Einsatz, die ganze Brückenabschnitte in Position bringen oder Aufzugmotoren auf die Dächer hoher Gebäude schaffen.

Auch in der Land- und Forstwirtschaft werden Hubschrauber eingesetzt, etwa zum Besprühen von Getreidefeldern und Obstplantagen mit Düngemitteln. Drehflügler, die Waldbrände mit Wasser und anderen Feuerlöschmitteln bekämpfen, benötigen stärkere Motoren. Das gleiche gilt für Hubschrauber, die Hölzer in unzugänglichen Waldgebieten an den Haken nehmen und zur nächstgelegenen Verladestation transportieren.

Die Fähigkeit zum Tiefflug und zur Landung an jedem Ort sowie seine enorme Hebekraft machen den Hubschrauber auch zu einem wichtigen Bestandteil der Ausrüstung jeder modernen Armee. Im Gefechtdienst kann er Kampfgruppen im Gelände absetzen und Feuerunterstützung leisten. Großraumhubschrauber lassen Munition, Nachschub und sogar Panzer an Stahlseilschlingen herab. Marinestreitkräfte bedienen sich zur Abwehr von Unterseebooten des U-Jagthubschraubers, der über die nötige Ausrüstung zur Ortung und Zielbekämpfung verfügt.

4.6 Übungen zum Text

Übung 1 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes nicht?

1 Rettungshubschrauber nehmen alljährlich Hunderte verletzter oder in Not geratener Bergsteiger und Skifahrer im Gebirge auf.

2 Bei Verkehrsunfällen transportieren sie Verletzte innerhalb einer Stunde ins nächste Krankenhaus.

3 In der Land- und Forstwirtschaft werden Hubschrauber eingesetzt.

4 Die Fähigkeit zum Tiefflug und zur Landung an jedem Ort machen den Hubschrauber zu einem nicht wichtigen Bestandteil der Ausrüstung jeder modernen Armee.

5 Im Gefechtdienst kann der Hubschrauber Kampfgruppen im Gelände absetzen und Feuerunterstützung leisten.

5 Teil 5 Hubschrauber in Aktion

5.1 Der aktive Wortschatz

der Rettungsdienst	спасательная служба
die Versorgung	обеспечение
die Umströmung	обтекание
der Auftrieb	подъёмная сила
kreisend	вращающийся
verstellbar	регулируемый
gewölbt	выпуклый
wirbeln	вертеться
die Strömung	поток
der Druckunterschied	перепад давлений
bewirken	воздействовать, влиять
der Blattanstellwinkel	установочный угол лопасти
steil	крутой
die Schwerkraft	сила тяжести
der Hebel	рычаг
gleichmäßig	равномерно
der Blattverstellhebel	рычаг управления лопастью
vorwärts	вперед
rückwärts	назад
betätigen	приводить в действие
der Hauptrotor	главный винт
der Steuerknüppel	ручка управления
der Anstellwinkel	установочный угол
die Steuerung	управление
die Taumelscheibe	вращающийся диск
der Hecksektor	хвостовой отсек

5.2 Vorübungen zum Text

Übung 1 Wortzusammensetzungen. Welche Wortteile in A passen zu welchen Teilen in B?

A	B
Druck Anstell Schwer	-dienst -knüppel -sektor -
Haupt	winkel -schub -unterschied -rotor
Heck Rettungs Steuer	-kraft
Vorwärts	

Übung 2 Suchen Sie in der rechten Spalte Antonyme zu den Wörtern aus der linken Spalte. Übersetzen Sie:

- | | |
|-------------------|--------------------|
| 1) der Auftrieb | 1) die Unterseite |
| 2) vorwärts | 2) die Rechtskurve |
| 3) die Oberseite | 3) der Sinkflug |
| 4) der Überdruck | 4) langsam |
| 5) der Steigflug | 5) flach |
| 6) die Linkskurve | 6) der Vortrieb |
| 7) schnell | 7) der Unterdruck |
| 8) gewölbt | 8) rückwärts |

Übung 3 Bilden Sie den Infinitiv von den folgenden Partizipien. Übersetzen Sie ins Russische:

gehalten, gestaltet, angeströmt, ausgeglichen, genannt, gedrückt, erzeugt, ausgestoßen

Übung 4 Suchen Sie im Text zusammengesetzte Substantive und übersetzen Sie sie ins Russische

5.3 Text 1 Hubschrauber in Aktion

Ob als Schwertransporter, im Rettungsdienst oder bei der Versorgung von Ölbohrinseln -Hubschraubern kommen in unserer Welt vielerlei Aufgaben zu, denn sie lassen sich exakter manövrieren als jedes Flugzeug.

Flugzeuge und Hubschrauber werden von einer Kraft in der Luft gehalten, die auch Vögeln ihre Flugfähigkeit verleiht: dem Auftrieb. Bei einem Flugzeug etwa sorgt die Umströmung der Tragflächen mit Luft für den nötigen Auftrieb. Auch die kreisenden Rotorblätter eines Hubschraubers nutzen dieses Prinzip - sie sind nichts anderes als verstellbare Tragflügel.

Jedes Rotorblatt ist an der Oberseite gewölbt, während die Unterseite fast flach gestaltet ist. Wirbelt das Blatt durch die Luft, hat die an der Oberseite anliegende Strömung einen weiteren Weg als die an der Unterseite - die Luft muss folglich schneller strömen. Je schneller die Luft strömt, desto weniger Druck übt sie auf den Rotor aus. Das Ergebnis ist ein Druckunterschied zwischen der Ober- und Unterseite des Blattes. Der Überdruck an der Unterseite sowie der Unterdruck (Sog) an der Oberseite bewirken den Auftrieb.

Um abheben zu können, muss der Pilot den vom Hauptrotor erzeugten Auftrieb erhöhen. Dies geschieht durch eine Erhöhung des Winkels, mit dem die Blätter angeströmt werden - dem Blattanstellwinkel. Bei einem steilen Anstellwinkel erhöht sich der Auftrieb.

Während des Starts verstärkt der Pilot zugleich die Motorleistung, da schneller wirbelnde Blätter den Auftrieb ebenfalls erhöhen. Zum Schwebeflug verkleinert er den Anstellwinkel so weit, dass Auftrieb und Schwerkraft ausgeglichen sind; für den Sinkflug reduziert er ihn noch weiter, so dass die Schwerkraft den Hubschrauber in Richtung Boden zieht.

Zur Steuerung der Auf- und Abwärtsbewegungen des Hubschraubers bedient der Pilot einen Hebel links neben seinem Sitz und verändert damit den Anstellwinkel

aller Blätter gleichmäßig. Dieser Hebel heißt auch kollektiver (gemeinsamer) Blattverstellhebel.

Um vorwärts, rückwärts oder seitlich zu fliegen, betätigt der Pilot einen Steuerknüppel zwischen seinen Beinen. Damit regelt er den Anstellwinkel der Rotorblätter individuell im jeweiligen Sektor des Umlaufkreises oder Zyklus, auch zyklische oder periodische Steuerung genannt. Wird der Steuerknüppel nach vorn gedrückt, erhöht eine Taumelscheibe den Anstellwinkel des Blattes, das gerade durch den Hecksektor streicht. Dadurch wird Vorwärtsschub erzeugt.

5.4 Übungen zum Text

Übung 1 Beantworten Sie die Fragen

- 1 Wovon werden Hubschrauber in der Luft gehalten?
- 2 Wie ist das Rotorblatt gestaltet?
- 3 Was bewirkt den Auftrieb?
- 4 Was muss der Pilot machen, um abheben zu können?
- 5 Was macht der Pilot zum Schwebeflug?
- 6 Was macht der Pilot zur Steuerung der Auf- und Abwärtsbewegungen?
- 7 Wozu verwendet man den Steuerknüppel?
- 8 Wodurch wird der Vorwärtsschub erzeugt?

Übung 2 Ein Wort passt nicht. Welches? Kreuzen Sie an:

- a) verstellen: Tragflügel - Hebel - Kraft;
- b) bewirken: Oberseite - Auftrieb - Vortrieb;
- c) wirbeln: Blatt - Geschwindigkeit - Hauptrotor;
- d) erhöhen: Anstellwinkel - Boden - Auftrieb;
- e) betätigen: Luft - Hebel - Steuerknüppel;
- f) fliegen: seitlich - rückwärts - klein;
- g) drücken: Schwebeflug - Steuerknüppel - Hebel

Übung 3 Setzen Sie die folgenden Wörter in die Lücken ein:

Blätter Druck Unterseite Rotorblatt Oberseite Erhöhung
Pilot Druckunterschied gewölbt Auftrieb schneller Wirbelt Weg

Jedes _____ ist an der Oberseite _____, während die Unterseite fast flach gestaltet ist. _____ das Blatt durch die Luft, hat die an der _____ anliegende Strömung einen weiteren _____ als die an der Unterseite - die Luft muss folglich _____ strömen. Je schneller die Luft strömt, desto weniger _____ übt sie auf den Rotor aus. Das Ergebnis ist ein _____ zwischen der Ober- und Unterseite des Blattes. Der Überdruck an der _____ sowie der Unterdruck (Sog) an der Oberseite bewirken den _____.

Um abheben zu können, muss der _____ den vom Hauptrotor erzeugten Auftrieb erhöhen. Dies geschieht durch eine _____ des Winkels, mit dem die _____ angeströmt werden - dem Blattstellwinkel. Bei einem steilen Anstellwinkel erhöht sich der Auftrieb.

Übung 4 Ergänzen Sie die Sätze. Gebrauchen Sie dabei die Wörter aus dem Text

- 1 Flugzeuge und Hubschrauber werden
- 2 Die kreisenden Rotorblätter eines Hubschraubers nutzen
- 3 Jedes Rotorblatt ist
- 4 Der Überdruck an der Unterseite sowie der Unterdruck
- 5 Um abheben zu können, muss der Pilot
- 6 Während des Starts verstärkt der Pilot
- 7 Zur Steuerung der Auf- und Abwärtsbewegungen des Hubschraubers
- 8 Wird der Steuerknüppel nach vorn gedrückt,

Übung 5 Bilden Sie Sätze. Übersetzen Sie die ins Russische:

- 1) von, Hubschrauber, Kraft, in, gehalten, der Luft, einer, werden;
- 2) ein Druckunterschied, des, zwischen, ist, das, Ober- und Unterseite, der, Ergebnis;
- 3) des, während, der, zugleich, Pilot, Starts, Motorleistung, die, verstärkt;
- 4) er, zum, den, Schwebeflug, Anstellwinkel, verkleinert;
- 5) der, einen, links, Hebel, Pilot, Sitz, bedient, neben, seinen;
- 6) gleichmäßig, den, aller, Anstellwinkel, verändert, Blätter, er;
- 7) Steuerknüppel, zwischen, der, Beinen, Pilot, seinen, betätigt, einen;
- 8) heißt, auch, dieser, kollektiver, Hebel, Blattverstellhebel.

Übung 6 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes?

- 1 Flugzeuge und Hubschrauber werden von einer Kraft in der Luft gehalten, die auch Vögeln ihre Flugfähigkeit verleiht: dem Vortrieb.
- 2 Auch die kreisenden Rotorblätter eines Hubschraubers nutzen dieses Prinzip.
- 3 Jedes Rotorblatt ist an der Oberseite gewölbt, während die Unterseite fast flach gestaltet ist.
- 4 Der Überdruck an der Unterseite sowie der Unterdruck (Sog) an der Oberseite bewirken den Vortrieb.
- 5 Zum Schwebeflug vergrößert er den Anstellwinkel so weit, dass Auftrieb und Schwerkraft ausgeglichen sind
- 6 Zur Steuerung der Auf- und Abwärtsbewegungen des Hubschraubers bedient der Pilot einen Hebel links neben seinem Sitz.
- 7 Um vorwärts, rückwärts oder seitlich zu fliegen, betätigt der Pilot einen Steuerknüppel zwischen seinen Beinen nicht.
- 8 Wird der Steuerknüppel nach vorn gedrückt, erhöht eine Taumelscheibe den Anstellwinkel des Blattes.

Übung 7 Betrachten Sie die Bilder 9 und berichten über den Hubschrauber in Aktion.

VOR, ZURÜCK UND SEITWÄRTS



VORWÄRTSFLUG

Wird der Steuerknüppel gedrückt, erhöht die Taumelscheibe den Anstellwinkel der Hauptrotorblätter im hinteren Sektor des Umlaufkreises. Dadurch wird die Drehebene des Rotors hinten angehoben, so daß ein Vorwärtsschub entsteht.

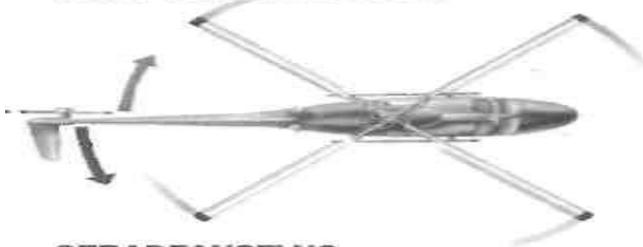
RÜCKWÄRTSFLUG

Wird der Steuerknüppel gezogen, verändert sich die Lage der Taumelscheibe so, daß ein maximaler Auftrieb im vorderen Bereich der Rotorscheibe gegeben ist.

SEITWÄRTSFLUG

Die Bewegung des Steuerknüppels nach rechts oder links verändert die Position der Taumelscheibe so, daß die betreffende seitliche Scheibenhälfte sich aufrichtet und der Hubschrauber seitwärts fliegt.

DER HECKROTOR



GERADEAUSFLUG

Der Schub des Heckrotors (roter Pfeil) ist so geregelt, daß das Drehmoment des Hauptrotors genau ausgeglichen ist.



LINKSKURVE

Der Pilot erhöht den Anstellwinkel der Heckrotorblätter (linke Zeichnung), damit das Heck nach Steuerbord schwingt.

RECHTSKURVE

Für eine Rechtsdrehung (unten) verringert der Pilot den Anstellwinkel des Heckrotors, so daß das Drehmoment des Hauptrotors (blau) das Heck nach Backbord zieht.



Der McDonnell Douglas MD900

Explorer ist ein Hubschrauber ohne Heckrotor. Der Ausgleich des Drehmoments und die Steuerung um die Hochachse erfolgt durch Druckluft, die von der Turbine des Hauptrotors erzeugt und durch regelbare Düsen im Heck ausgestoßen wird.



Bild 9

6 Teil 6 Raketentechnik

6.1 Der aktive Wortschatz

der Raumflugkörper	космический аппарат
das Antriebsmittel	средство для приведения в движение
bemannt	с человеком на борту
der Antrieb	привод, двигатель (ракетный)
in der Lage sein	быть в состоянии
einsetzen	применять
mitführen	иметь при себе (на борту)
ausgerüstet sein	быть оборудованным
ausstoßen	выбрасывать, выталкивать
beschleunigen	ускорять
die Geschwindigkeit	скорость
der Oxydator	окислитель (ракетного топлива)
notwendig	необходимый
der Treibstoff	горючее, топливо
liefern	доставлять, поставлять
die Entspannung	расширение
die Verbrennungsgasse	поточные газы, выхлопные газы
umwandeln	преобразовывать
das Rückstoßprinzip	принцип отдачи
die Gleichheit	равенство, тождество
die Gegenwirkung	противодействие, реакция
das Luftstrahltriebwerk	воздушно-реактивный двигатель
der Aggregatzustand	агрегатное состояние
die Betriebsbereitschaft	готовность к эксплуатации
die Störanfälligkeit	надежность в эксплуатации

die Brennkammer	камера сгорания
die Betriebssicherheit	эксплуатационная надежность
die Flugbahn	траектория (полета)
die Lenkeinrichtung	приспособление для управления
der Stellmotor	серводвигатель
die Lenkung	рулевое управление
die Steuerungsanlage	управляющее устройство

6.2 Vorübungen zum Text

Übung 1 Wählen Sie aus der linken Spalte russische Übersetzungen der Wörter:

- | | |
|----------------------------|----------------------------------|
| 1) die Flugbahn | 1) привод, двигатель |
| 2) der Treibstoff | 2) ракетный двигатель |
| 3) der Antrieb | 3) ускорять |
| 4) das Rückstoßprinzip | 4) сжигать |
| 5) das Raketentriebwerk | 5) преобразовывать |
| 6) die Erdoberfläche | 6) приспособление для управления |
| 7) beschleunigen | 7) горючее, топливо |
| 8) die Wechselwirkung | 8) серводвигатель |
| 9) verbrennen | 9) траектория полета |
| 10) umwandeln | 10) камера сгорания |
| 11) die Lenkeinrichtung | 11) эксплуатационная надежность |
| 12) der Stellmotor | 12) достигать |
| 13) die Betriebssicherheit | 13) взаимодействие |
| 14) die Brennkammer | 14) принцип отдачи |
| 15) erreichen | 15) поверхность земли |

Übung 2 Übersetzen Sie die folgenden zusammengesetzten Substantive ins Russische

Das Raketentriebwerk, der Raumflugkörper, das Kernenergietriebwerk, das Rückstoßprinzip, das Arbeitsmittel, der Treibstoff, der Brennstoff, die Verbrennungsgase, die Gesetzmäßigkeit, die Fortbewegung, das Wechselwirkungsgesetz, das Luftstrahltriebwerk, das Feststoff-Raketentriebwerk, das Flüssigkeits-Raketentriebwerk, die Brennkammer, die Betriebstechnik, die Betriebsbereitschaft, die Störanfälligkeit, die Betriebssicherheit, die Fertigungskosten, die Raketensteuerung, die Kreiselplattform, die Steuerungsanlage, die Lenkeinrichtung.

Übung 3 Übersetzen Sie die folgenden Verben

erreichen, erfüllen, einsetzen, ausrüsten, benötigen, ausstoßen, bewegen, beschleunigen, entstehen, liefern, umwandeln, entwickeln, bedeuten, fortbewegen, verwenden, ermöglichen, mitführen, betrachten, verstehen, wirken, erkennen, bedeuten, fortbewegen, unterscheiden, verbrennen.

Übung 4 Übersetzen Sie die folgenden Wortverbindungen aus dem Russischen ins Deutsche

der erreichte Stand der Raketentechnik, bemannter Raumflugkörper, interplanetarer Raum, äußere Lufthülle, eingesetzte Raketentriebwerke, ausgerüstete Raumflugkörper, in entgegengesetzter Richtung, thermochemische Raketentriebwerk, entstehende gasförmige Produkte, verwendete Treibstoffe, getrennte Behälter, ständige Betriebsbereitschaft, hohe Betriebssicherheit, bestimmte Flugbahn, notwendiger Sauerstoff, kernenergetischer Basis, technische Anlage, notwendige Stutzmasse, heiße Verbrennungsgase, nach rückwärts ausgestoßene Verbrennungsgase, notwendige Geschwindigkeit, elektrische Raumfahrtantriebe.

Übung 5 Wortzusammensetzungen. Welche Wortteile in A passen zu welchen Teilen in B?

A	B
Brenn Gegen Flug Treib Himmels Antriebs Raketen Verbrennungs	- mittel -knüppel -gasse -bahn -stoff -wirkung -triebwerk -kammer

Übung 6 Bilden Sie das Partizip I, II von den folgenden Verben:

erreichen, einsetzen, betrachten, ausrüsten, entstehen, ausstießen, verwenden, drücken

Übung 7 Lesen Sie den vorliegenden Text, übersetzen Sie ihn ins Russische

6.3 Text Raketentechnik

Das einzig mögliche Antriebsmittel für Flüge in den Weltraum und zu anderen Himmelskörpern ist das Raketentriebwerk. Der bis heute erreichte Stand der Raketentechnik ermöglichte Vorstöße bemannter Raumflugkörper auf Bahnen um die Erde und auf den Mond sowie unbemannter Raumflugkörper zu den Planeten Mars und Venus sowie in den interplanetaren Raum.

Grundlagen des Raketenantriebs

Antriebe für Raumfahrzeuge müssen in der Lage sein, unabhängig von einer äußeren Gas- oder Lufthülle zu arbeiten. Diese Bedingung erfüllen die bisher fast ausschließlich eingesetzten thermochemischen Raketentriebwerke, da sie den zur Verbrennung notwendigen Sauerstoff selbst mitführen, sowie die noch in Entwicklung befindlichen Kernenergietriebwerke und elektrischen Raumfahrtantriebe; mit letzteren ausgerüstete Raumflugkörper benötigen allerdings für den Start von der Erdoberfläche ein zweites Triebwerk auf chemischer oder kernenergetischer Basis. Alle 3 Arten von Raketentriebwerken arbeiten nach dem Rückstoßprinzip, das allein eine Bewegung im

leeren Raum ermöglicht. Dazu ist ein Arbeitsmittel (Stützmasse) erforderlich, das gerichtet ausgestoßen wird und dadurch den Raketenkörper in entgegengesetzter Richtung bewegt, sowie ein energetischer Prozess und eine technische Anlage, die das Arbeitsmittel auf die notwendige Geschwindigkeit beschleunigen.

In den im folgenden weiter betrachteten thermochemischen Raketentriebwerken umgewandelt erfüllen die Treibstoffe (unter dem Begriff „Treibstoff“, ist dabei immer die Kombination Brennstoff-Oxydationsmittel (Oxydator) zu verstehen) beide Funktionen. Die bei der Reaktion beider Komponenten entstehenden gasförmigen Produkte liefern die notwendigen Stützmasse, und die dabei entwickelte thermische Energie, wird durch Entspannung der heißen Verbrennungsgase in einer Düse, in die kinetische Energie des Antriebsstrahls umgewandelt.

Rückstoßprinzip. Nach dem dritten Newtonschen Axiom, dem Gesetz; von der Gleichheit der 'Wirkung und Gegenwirkung ($actio = reactio$) gibt es zu jeder Kraft eine gleich große, aber in entgegengesetzter Richtung wirkende Gegenkraft (Reaktionsprinzip oder Wechselwirkungsgesetz). Diese Gesetzmäßigkeit, die z. B. auch bei der Fortbewegung eines Flugzeugs durch die Luftschraube oder durch den Schub eines Luftstrahltriebwerks zu erkennen ist, bedeutet für die Rakete, daß diese durch die mit hoher Geschwindigkeit nach rückwärts ausgestoßenen Verbrennungsgase in entgegengesetzter Richtung, also nach vorn, fortbewegt wird. Diese Wirkungsweise läßt sich mit dem unmittelbar aus dem Wechselwirkungsgesetz folgenden Impulssatz erklären.

Nach dem Aggregatzustand des verwendeten Treibstoffs unterscheidet man grundsätzlich Feststoff- und Flüssigkeits-Raketentriebwerke. Flüssigkeits-Raketentriebwerke arbeiten mit flüssigen Treibstoffkomponenten, die in getrennten Behältern mitgeführt, durch Pumpen oder Druckgas in die Brennkammer gedrückt und hier verbrannt werden. Feststoff-Raketentriebwerke führen die Treibstoffkomponenten im Aggregatzustand mit sich. Treibstoffbehälter und Brennkammer sind dabei identisch. Ihre Vorteile sind einfache Konstruktion und Betriebstechnik, ständige Betriebsbereitschaft geringe Störanfälligkeit (keine

Pumpen, Leitungen, Tanks) und hohe Betriebssicherheit bei relativ niedrigen Entwicklungs- und Fertigungskosten.

6.4 Übungen zum Text

Übung 1 Beantworten Sie die Fragen

- 1 Was ist das Raketentriebwerk?
- 2 Welche Arten von Raketentriebwerken kennen Sie?
- 3 Wodurch wird der Raketenkörper bewegt?
- 4 Was ist das Rückstoßprinzip?
- 5 Welche Raketentriebwerke unterscheidet man?
- 6 Welche Vorteile haben die Feststoff- Raketentriebwerke?
- 7 Wie arbeiten Flüssigkeits-Raketentriebwerke?
- 8 Womit wird Raketensteuerung und -lenkung verwirklicht?

Übung 2 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes?

- 1 Antriebe für Raumfahrzeuge müssen in der Lage sein, unabhängig von einer äußeren Gas- oder Lufthülle zu arbeiten.
- 2 Einige Arten von Raketentriebwerken arbeiten nach dem Rückstoßprinzip.
- 3 In den im folgenden weiter betrachteten thermochemischen Raketentriebwerken erfüllen die Treibstoffe eine Funktion.
- 4 Nach dem dritten Newtonschen Axiom gibt es zu jeder Kraft eine gleich große, aber in entgegengesetzter Richtung wirkende Gegenkraft.
- 5 Flüssigkeits-Raketentriebwerke führen die Treibstoffkomponenten im Aggregatzustand.

Übung 3 Schreiben Sie zusammengesetzte Wörter aus, die die folgenden Wörter einschließen

der Antrieb, der Körper, die Rakete, der Raum, das Triebwerk, die Wirkung, der Stoff, der Betrieb.

die Treibstoffkomponenten, die Betriebsbereitschaft, das Antriebsmittel, die Himmelskörpern, das Raketentriebwerk, der Weltraum, der Treibstoff, die Raketentechnik, der Raumflugkörper, der Raumfahrtantrieb, das Kernenergietriebwerk, die Gegenwirkung, das Raumfahrzeug, die Wirkungsweise, das Feststoff-Raketentriebwerk, die Betriebssicherheit, das Wechselwirkungsgesetz, der Treibstoffbehälter, die Betriebstechnik, die Antriebsphase.

Übung 4 Übersetzen Sie die folgenden Sätze ins Deutsche

1 Единственно возможное средство для полета в космос и к другим небесным телам это ракетный двигатель.

2 Существуют три вида ракетных двигателя: термохимический, ядерный и электрический.

3 Все ракетные двигатели работают по принципу отдачи.

4 По агрегатному состоянию применяемого топлива различают в основном ракетные двигатели на твердом и жидком топливе.

5 Преимущества ракетных двигателей, работающих на твердом топливе в том, что это простые конструкции, постоянная готовность к эксплуатации и незначительная ненадежность в эксплуатации.

Übung 5 Bringen Sie die Sätze in die richtige Reihenfolge

1	Diese Bedingung erfüllen die bisher fast ausschließlich eingesetzten thermochemischen Raketentriebwerke, da sie den zur Verbrennung notwendigen Sauerstoff selbst mitführen.
2	Nach dem Aggregatzustand des verwendeten Treibstoffs unterscheidet man grundsätzlich Feststoff- und Flüssigkeits-Raketentriebwerke.
3	Feststoff-Raketentriebwerke führen die Treibstoffkomponenten im Aggregatzustand mit sich.
4	Antriebe für Raumfahrzeuge müssen in der Lage sein, unabhängig von einer äußeren Gas- oder Lufthülle zu arbeiten.
5	Alle 3 Arten von Raketentriebwerken arbeiten nach dem Rückstoßprinzip.
6	Das einzig mögliche Antriebsmittel für Flüge in den Weltraum und zu anderen

	Himmelskörpern ist das Raketentriebwerk.
7	Ihre Vorteile sind einfache Konstruktion und Betriebstechnik, ständige Betriebsbereitschaft geringe Störanfälligkeit.
8	Flüssigkeits-Raketentriebwerke arbeiten mit flüssigen Treibstoffkomponenten, die in getrennten Behältern mitgeführt.

Übung 6 Übersetzen Sie die folgenden Wortgruppen. Achten Sie dabei auf das erweiterte Attribut (Gr. K. 3)

1 der bis heute erreichte Stand; 2 die bisher fast ausschließlich eingesetzten thermochemischen Raketentriebwerke; 3 in den im folgenden weiter betrachteten thermochemischen Raketentriebwerken; 4 die bei der Reaktion beider Komponenten entstehenden gasförmigen Produkte; 5 die dabei entwickelte thermische Energie; 6 eine gleich große, aber in entgegengesetzter Richtung wirkende Gegenkraft; 7 die mit hoher Geschwindigkeit nach rückwärts ausgestoßenen Verbrennungsgase.

Übung 7 Erklären Sie, was das Rückstoßprinzip ist?

Übung 8 Bilden Sie die Sätze. Übersetzen Sie ins Russische

1 Das, für, mögliche, Flüge, in, Antriebsmittel, den Weltraum, ist, das, einzig, Raketentriebwerk.

2 für, der, Raumfahrzeuge, in, Lage, müssen, sein, von, einer, äußeren, unabhängig, Gas- oder Lufthülle, zu, Antriebe, arbeiten.

3 3 nach, Arten, von, alle, arbeiten, dem, Raketentriebwerken, Rückstoßprinzip.

4 man, Aggregatzustand, des, nach, verwendeten, unterscheidet, grundsätzlich, dem, Feststoff- und Flüssigkeits-Raketentriebwerke, Treibstoffs.

5 relativ, Vorteile, einfache, und, Betriebstechnik, ständige, Betriebssicherheit, Betriebsbereitschaft, geringe, sind, Störanfälligkeit, ihre, und, hohe, bei, niedrigen, Entwicklungs- und, Konstruktion, Fertigungskosten.

7 Teil 7 Raketensteuerung und -lenkung

7.1 Der aktive Wortschatz

der Himmelskörper	небесное тело
die Antriebsphase	фаза приведения в действие
die Kreiselplattform	центробежная платформа
die Steuerungsanlage	управляющее оборудование
die Lenkeinrichtung	управляющее устройство
das Lenkorgan	орган управления
der Kreisel	гироскоп
der Hauptbestandteil	основная составляющая часть
das Tragheitsnavigationssystem	инерционная система навигации
die Winkelabweichung	угол отклонения
der Beschleunigungsmesser	измеритель ускорения, акселерометр
der Geber	датчик
die Wirkungsrichtung	направление действия
übereinstimmen	совпадать
der Messwert	измеряемая величина
der Flugzustand	состояние полёта
gewährleisten	гарантировать
einhalten	сохранять
das Lenkrad	штурвал управления
bewirken	воздействовать, влиять
die Kurbel	кривошип, колено вала
die Verstellung	регулировка
die Entspannungsdüse	редукционное сопло
anordnen	располагать
der Luftruder	воздушный руль
die Lenkflosse	стабилизатор управления

der Weltraum	космическое пространство
die Lufthülle	воздушная оболочка
die Trägerrakete	ракета-носитель
die Nutzlast	полезная нагрузка
stromlinienförmig	обтекаемый
die Verkleidung	покрытие
absprengen	взрывать

7.2 Vorübungen zum Text

Übung 1 Wählen Sie aus der linken Spalte russische Übersetzungen der Wörter:

- | | |
|------------------------------|---------------------------------------|
| 1) das Lenkorgan | 1) воздушный руль |
| 2) der Flugzustand | 2) управляющее оборудование |
| 3) der Luftruder | 3) направление действия |
| 4) der Messwert | 4) измеритель ускорения, акселерометр |
| 5) die Wirkungsrichtung | 5) стабилизатор управления |
| 6) der Beschleunigungsmesser | 6) измеряемая величина |
| 7) die Steuerungsanlage | 7) штурвал управления |
| 8) die Lenkflosse | 8) состояние полёта |

Übung 2 Übersetzen Sie die folgenden zusammengesetzten Substantive ins Russische

die Messplattform, das Koordinatensystem, die Translationsbewegung, die Fluglageregelung, die Lagerstabilisierung, das Stellsignal, der Flüssigkeitsstrom, die Steuerwelle, die Kurbelwelle, der Düsenmündungsring, der Düsenhalsquerschnitt.

Übung 3 Bilden Sie Infinitiv von den folgenden Partizipien: (Gr.K. 2)

wirkend, bestehend, vorgesehen, anschließend, ausreichend, gelagert, gewünscht, genannt, bestimmt, abgesprengt, erfasst, getrennt, eingehalten, betätigt.

Übung 4 Wortzusammensetzungen. Welche Wortteile in A passen zu welchen Teilen in B?

A	B
Luft Träger Nutz Welt Lenk Durch Energie Stell	- last -quellen -motor -hülle -raum -flug -flossen -rakete

Übung 5 Lesen Sie den vorliegenden Text, übersetzen Sie ihn ins Russische

7.3 Text 1 Raketensteuerung und -lenkung

Zum Erreichen bestimmter Flugbahnen und Himmelskörper benötigen Raketen eine während der Antriebsphase wirkende, aus einer Kreiselplattform und elektronischen Geräten bestehende Steuerungsanlage sowie Lenkeinrichtungen in Form von Stellmotoren und Lenkorganen.

Kreiselplattform oder kreiselstabilisierte Plattform nennt man eine Messplattform, die in ihrer Lage zu einem Koordinatensystem durch Kreiselraumfest orientiert ist und den Hauptbestandteil eines Tragheitsnavigationssystems darstellt. Abweichungen von der vorgesehenen Flugbahn können durch Winkelabweichungen (Rotation) um die Koordinaten oder durch Verschiebung (Translation) parallel zu den Koordinaten auftreten. Derartige Bewegungen werden von 3 Beschleunigungsmessern (elektrische Geber), deren Wirkungsrichtung mit den Koordinaten übereinstimmt, als Messwerte erfasst, und zwar für die einzelnen Koordinaten getrennt nach Größe und Richtung.

Elektronische Geräte bringen diese Messwerte durch zweimalige Differentiation bei Rotations- und zweimalige Integration bei Translationsbewegungen sowie anschließende Verstärkung in die erforderliche Form und Größe (Stellsignale), um die Stellmotoren der Lenkorgane so in Funktion zu setzen, dass ein stabiler Flugzustand der Rakete gewährleistet

(Fluglageregelung, Lagerstabilisierung) und die vorgesehene Flugbahn ausreichend genau eingehalten wird.

Stellmotoren arbeiten elektrisch oder vorwiegend elektrohydraulisch. Diese lineare Bewegung bewirkt über eine Kurbel und Steuerwelle die gewünschte Verstellung eines Lenkorgans.

Lenkorgane. Im freien Raum ist eine Lenkung nur mit kardanisch gelagerten, also schwenkbaren Haupt- und Hilfstriebwerken möglich; man kann aber hierfür auch nur die Entspannungsdüse oder einen Düsenmündungsring des Haupttriebwerks schwenkbar gestalten bzw. einen Dorn zur Veränderung des Düsenhalsquerschnitts oder hinter der Düse schwenkbare Strahlruder anordnen. Innerhalb der Atmosphäre lassen sich zusätzlich zu den genannten Lenkorganen Luftruder oder Lenkflossen verwenden.

Raumflugkörper sind für Bewegungen im freien Weltraum außerhalb der Lufthülle der Erde bestimmt und können daher eine beliebige äußere Form haben. Sie bilden die Nutzlast von Trägerraketen und erhalten für den Durchflug durch die Lufthülle eine stromlinienförmige, leichte Verkleidung, die später abgesprengt wird. Ihren Aufgaben entsprechend, müssen Raumflugkörper alle zum Betrieb ihrer Anlagen und Geräte sowie - bei bemannten Raumflugkörpern - zur Erhaltung der Lebensfunktionen der Besatzung erforderlichen Energiequellen und Hilfsstoffe mitführen.

7.4 Übungen zum Text

Übung 1 Beantworten Sie die Fragen

- 1 Was benötigen die Raketen zum Erreichen bestimmter Flugbahnen und Himmelskörper?
- 2 Wie nennt man eine kreiselstabilisierte Plattform?
- 3 Wie arbeiten elektronische Geräte?
- 4 Wie arbeiten Stellmotoren?
- 5 Was gehört zu den Lenkorganen?

- 6 Wofür sind Raumflugkörper bestimmt?
- 7 Was bildet die Nutzlast von Trägerraketen?
- 8 Was müssen die Raumflugkörper mitführen?

Übung 2 Welche Sätze entsprechen dem Inhalt des Textes?

1 Zum Erreichen bestimmter Flugbahnen und Himmelskörper benötigen Raketen eine während der Antriebsphase wirkende Steuerungsanlage.

2 Abweichungen von der vorgesehenen Flugbahn können durch Winkelabweichungen oder durch Verschiebung parallel zu den Koordinaten nicht auftreten.

3 Elektronische Geräte bringen die Messwerte durch dreimalige Differentiation bei Rotations- und zweimalige Integration bei Translationsbewegungen sowie anschließende Verstärkung in die erforderliche Form und Größe (Stellsignale).

4 Stellmotoren arbeiten vorwiegend elektrohydraulisch.

5 Innerhalb der Atmosphäre lassen sich zusätzlich zu den genannten Lenkorganen Luftruder oder Lenkflossen verwenden.

6 Raumflugkörper sind für Bewegungen im freien Weltraum außerhalb der Lufthülle der Erde bestimmt.

7 Sie bilden die Nutzlast von Trägerraketen und erhalten für den Durchflug durch die Lufthülle eine stromlinienförmige, leichte Verkleidung.

8 Raumflugkörper müssen alle zum Betrieb ihrer Anlagen und Geräte erforderlichen Energiequellen und Hilfsstoffe mitführen.

Übung 3 Setzen Sie die folgenden Wörter in die Lücken ein:

Haupttriebwerks bewirkt Stellsignale Veränderung elektrisch Stellmotoren, Luftruder schwenkbaren Arbeitskolben Raum Atmosphäre Verstellung.

Stellmotoren arbeiten _____ oder vorwiegend elektrohydraulisch. Durch

die elektrischen _____ betätigt, steuern z. B. in elektrohydraulischen _____ Steuerkolben einen Flüssigkeitsstrom so, dass er einen _____ bewegt. Diese lineare Bewegung _____ über eine Kurbel und Steuerwelle die gewünschte _____ eines Lenkorgans.

Lenkorgane. Im freien _____ ist eine Lenkung nur mit kardanisch gelagerten, also _____ Haupt- und Hilfstriebwerken möglich; man kann aber hierfür auch nur die Entspannungsdüse oder einen Düsenmündungsring des _____ schwenkbar gestalten bzw. einen Dorn zur _____ des Düsenhalsquerschnitts oder hinter der Düse schwenkbare Strahlruder anordnen. Innerhalb der _____ lassen sich zusätzlich zu den genannten Lenkorganen _____ oder Lenkflossen verwenden.

Übung 4 Ergänzen Sie die Sätze

- 1 Zum Erreichen bestimmter Flugbahnen
- 2 Abweichungen von der vorgesehenen Flugbahn können
- 3 Elektronische Geräte bringen diese Messwerte durch
- 4 Durch die elektrischen Stellsignale betätigt
- 5 Die lineare Bewegung bewirkt über
- 6 Innerhalb der Atmosphäre lassen sich
- 7 Raumflugkörper erhalten für den Durchflug durch die Lufthülle
- 8 Raumflugkörper bilden die Nutzlast

Übung 5 Bestimmen Sie den Nebensatztyp und übersetzen Sie die Sätze ins Russische

1 Kreiselplattform Plattform nennt man eine Messplattform, die in ihrer Lage zu einem Koordinatensystem durch Kreisel raumfest orientiert ist.

2 Derartige Bewegungen werden von 3 Beschleunigungsmessern, deren Wirkungsrichtung mit den Koordinaten übereinstimmt.

3 Die Stellmotoren der Lenkorgane setzen so in Funktion, dass ein stabiler Flugzustand der Rakete gewährleistet.

4 Durch die elektrischen Stellsignale betätigt in elektrohydraulischen

Stellmotoren Steuerkolben einen Flüssigkeitsstrom so, dass er einen Arbeitskolben bewegt.

5 Die Raumflugkörper erhalten für den Durchflug durch die Lufthülle eine stromlinienförmige, leichte Verkleidung, die später abgesprengt wird.

Übung 6 Ein Wort passt nicht. Welches? Kreuzen Sie an:

- a) gewährleisten: Flugzustand- Lenkorgane - Fluglageregelung;
- b) bewirken: Kurbel - Steuerwelle - Betrieb;
- c) anordnen: Erhaltung - Luftruder - Lenkflossen;
- d) absprengen: Lufthülle - Luftatmosphäre - Hilfsstoff;
- e) mitführen: Hilfsstoff- Abgase - Energiequelle;
- f) steuern: Geräte - Lenkorgane - Kraftstoff

Übung 7 Wählen Sie den der Übersetzung entsprechenden Satz

Sie bilden die Nutzlast von Trägerraketen und erhalten für den Durchflug durch die Lufthülle eine stromlinienförmige, leichte Verkleidung, die später abgesprengt wird.

1 Они создают хорошую нагрузку ракет-носителей и получают для прохождения через воздушную оболочку обтекаемое, лёгкое покрытие, которое позже взрывается.

2 Они создают полезную нагрузку ракет-носителей и получают для прохождения через воздушное пространство обтекаемое, лёгкое покрытие, которое позже взрывается.

3 Они создают полезную нагрузку ракет-носителей и получают для прохождения через воздушную оболочку лёгкое покрытие, которое позже взрывается.

4 Они создают полезную нагрузку ракет-носителей и получают для прохождения через воздушную оболочку обтекаемое, лёгкое покрытие, которое позже взрывается.

5 Они создают полезную нагрузку ракет-носителей и получают для

прохождения через воздушную оболочку обтекаемое, лёгкое покрытие, которое взрывается.

6 Они создают полезную нагрузку ракет-носителей и получают для прохождения через воздушную оболочку обтекаемое покрытие, которое взрывается.

Übung 8 Stellen Sie die Fragen zu den folgenden Sätzen

1 Eine Steuerungsanlage besteht aus einer Kreiselplattform und elektronischen Geräten.

2 Abweichungen von der vorgesehenen Flugbahn können durch Winkelabweichungen um die Koordinaten oder durch Verschiebung parallel zu den Koordinaten auftreten.

3 Diese lineare Bewegung bewirkt über eine Kurbel und Steuerwelle die gewünschte Verstellung eines Lenkorgans.

4 Im freien Raum ist eine Lenkung nur mit kardanisch gelagerten, also schwenkbaren Haupt- und Hilfstriebwerken möglich.

5 Innerhalb der Atmosphäre lassen sich Lufruder oder Lenkflossen verwenden.

6 Raumflugkörper sind für Bewegungen im freien Weltraum außerhalb der Lufthülle der Erde bestimmt und können daher eine beliebige äußere Form haben.

7 Sie bilden die Nutzlast von Trägerraketen und erhalten für den Durchflug durch die Lufthülle eine stromlinienförmige, leichte Verkleidung.

8 Elektronische Geräte bringen die Messwerte durch zweimalige Differentiation bei Rotations- und zweimalige Integration bei Translationsbewegungen sowie anschließende Verstärkung in die erforderliche Form und Größe.

9 Raumflugkörper müssen alle zum Betrieb ihrer Anlagen und Geräte erforderlichen Energiequellen und Hilfsstoffe mitführen.

10 Stellmotoren arbeiten elektrisch oder vorwiegend elektrohydraulisch.

8 Teil 8 Texte für die Hauslektüre

8.1 Text 1 Aufbau des Flugzeugs

Triebwerk. Es hat die Aufgabe, die bei der Verbrennung des Kraftstoffs frei werdende Wärme in mechanische Arbeit und schließlich in Vortrieb umzuwandeln. Die heutigen Fluggeschwindigkeiten sind neben aerodynamischen Fortschritten hauptsächlich der modernen Triebwerksentwicklung zu verdanken. Zur Triebwerksanlage gehören neben dem eigentlichen Triebwerk (der Kraftmaschine) gegebenenfalls die Luftschaube mit Luftschaubenge triebe, der Anlasser, die Kraftstoff-, Schmierstoff- und Kühlanlage sowie Regelungs- und Bedienungseinrichtungen.

Nach der Art der Vortriebserzeugung unterscheidet man Luftschauben- und Strahltriebwerke (Düsentriebwerke), nach der Arbeitsweise Kolben-, Gasturbinen-, Staustrahl- und Raketentriebwerke. Der Vortrieb (Schub) einer Luftschaube entsteht dadurch, dass diese die von ihr erfasste Luft nach hinten wirft (Schraubenstrahl). Bei Strahltriebwerken entsteht der Schub durch die mit hoher Geschwindigkeit aus der Schubdüse nach hinten ausströmenden Verbrennungsgase (Treibstrahl). Durch die Luftschaube wird eine großen Luftmenge eine kleine Geschwindigkeit erteilt; ein Luftschaubentriebwerk ist daher bei Flugzeugen mit kleiner erforderlicher Fluggeschwindigkeit wirtschaftlicher als ein Strahltriebwerk, das einer kleinen Gasmenge eine große Geschwindigkeit erteilt.

Kolbentriebwerke sind meist Benzin- (Otto-) und nur in Ausnahmefällen Schweröl- (Diesel-) Motoren, deren Arbeitsweise im wesentlicher der Kraftfahrzeugmotoren entspricht. Sie dienen zum Antrieb von Luftschauben. Nach der Anordnung der Zylinder unterscheidet man Reihenmotoren, früher meistwassergekühlt bis etwa 2500 PS Leistung, heute luftgekühlt bis etwa 400 PS Leistung, und Sternmotoren, meist luftgekühlt, mit in Sternform angeordneten Zylindern (bei Mehrfachsternmotoren bis zu vier Sterne hintereinander, z. B. vier Sterne mit je sieben Zylindern) bis etwa 3500 PS Leistung. Um einen

Leistungsabfall beim Flug in großer Höhe (wegen der mit der Höhe abnehmenden Luftdichte) zu verhindern, werden Flugmotoren aufgeladen, d. h. ihnen wird in einem Lader (Gebläse) vorverdichtete Arbeitsluft zugeführt, so dass in den Zylindern mehr Kraftstoff verbrannt werden kann.

Luftschrauben sind heute meist aus Leichtmetall oder Stahl bestehende, hohl gefertigte Verstellluftschrauben, d. h., die Steigung ihrer 2 bis 4 Blätter kann während der Rotation hydraulisch, pneumatisch, elektrisch oder mechanisch verstellt werden (Start-, Steig-, Reise-, Schnellflug-, Brems-, und Segelstellung) bzw. geschieht dies automatisch durch einen Regler entsprechend vorgegebener Drehzahlen. Bei mehrmotorigen Flugzeugen bewirkt eine Synchronisieranlage den Gleichlauf und damit eine Lärminderung. Um Triebwerk und Luftschraube in den günstigsten Drehzahlbereichen arbeiten zu lassen, ist fast stets zwischen beide ein Untersetzungsgetriebe geschaltet. Sport- und Schulflugzeuge haben häufig noch feste Holzluftschrauben.

Im Verbundmotor wird eine Abgasturbine außer zum Antrieb des Laders auch zusammen mit einem Kolbentriebwerk zum Antrieb der Luftschraube benutzt.

Gasturbinentriebwerke weisen an Stelle eines Verbrennungsmotors eine Gasturbine auf, der in einem Verdichter vorverdichtete Luft zugeführt wird und mit deren Hilfe eine wesentlich größere Geschwindigkeit als mit einem Kolbentriebwerk erreichbar ist. Gasturbinentriebwerke haben ferner die Vorteile geringerer Leistungsmasse, größeren Wirkungsgrads und eines geringeren mechanischen Verschleißes durch die direkte Kraftübertragung an Stelle von Kolben, Pleuelstangen und Kurbelwelle. Man unterscheidet grundsätzlich Turbinen-Luftstrahl- und Propeller-Turbinen-Triebwerke.

Turbinen-Luftstrahl-Triebwerke haben folgende Wirkungsweise: Die einströmende Luft wird im Verdichter auf 2 bis 12 kp/cm komprimiert, in der Brennkammer mit dem unter hohem Druck eingespritzten Kraftstoff vermischt und das Gemisch nach einmaliger Zündung kontinuierlich verbrannt. Die aus der Brennkammer austretenden Gase (etwa 800 C) geben einen Teil ihrer Energie an

die Gasturbine ab, die den Verdichter antreibt. Der Hauptteil wird in der Schubdüse auf den Umgebungsdruck entspannt und in Schub umgesetzt. (Einkreis-) Turbinen-Luftstrahl- (TL-) Triebwerke haben einen Axial oder Radialverdichter und einstufige Turbine auf einer gemeinsamen Welle (Einwellenbauart). Es gibt aber auch TL-Triebwerke in Zweiwellenbauart, bei der jeweils Niederdruckverdichter und – turbine bzw. Hochdruckverdichter und – turbine auf einer Welle sitzen. Bei TL-Triebwerken mit Nachverbrennung (in Militärflugzeugen) wird zur kurzzeitigen Erhöhung des Schubs in den hinter der Turbine angeordneten Nachbrenner nochmals Kraftstoff eingespritzt und mit der überschüssigen Luft verbrannt. Der erreichbare Schub beträgt bis etwa 23000 kp, sonst bis 16000 kp. Beim Zweikreis-Turbinen-Luftstrahltriebwerk (ZTL), das ebenfalls Zweiwellenbauart aufweist, wird ein Teil der einströmenden Luft hinter dem ND-Verdichter in einem äußeren Stromkreis (Außenstromkanal) direkt in den hinteren Teil der Schubdüse geführt und hier den heißen Verbrennungsgasen beigemischt. ZTL-Triebwerke verursachen weniger Lärm und sind wirtschaftlicher als TL-Triebwerke.

Propeller-Turbinen-Triebwerke unterscheiden sich von TL- und ZTL-Triebwerken dadurch, dass der Hauptschub durch eine Luftschaube (Propeller) erzeugt wird, die ihre Bewegungsenergie von einer Gasturbine erhält. Die aus der Schubdüse austretenden Verbrennungsgase bewirken lediglich einen geringen Zusatzschub; die Bezeichnung Propeller-Turbinen-Luftstrahl- (PTL-) Triebwerk ist also unexakt. Auch hier wird die Luftschaube entweder von derselben Welle angetrieben wie der Verdichter (Einwellenbauart), oder zwei voneinander unabhängige Gasturbinen treiben getrennt Verdichter und Luftschaube an (Zweiwellenbauart). Die Leistung von Propellerturbinen beträgt bis etwa 12000 PS. Sie werden für Kurzstreckenverkehrsflugzeuge verwendet, haben sich aber für Mittel- und Langstreckenverkehrsflugzeuge nicht durchsetzen können.

Alle bisher erwähnten Triebwerke entnehmen den zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff der Luft und sind daher an die Lufthülle der Erde gebunden.

Raketentriebwerke führen dagegen den Sauerstoff in fester oder flüssiger Form selbst mit. Dadurch ist der Aufbau verhältnismäßig einfach, da kein Verdichter nötig ist. Flugzeuge benutzen Raketentriebwerke heute nur als Starthilfe, als Hauptantrieb lediglich für Forschungszwecke.

Flugwerk (Zelle) ist der Oberbegriff für Tragwerk, Rumpf, Leitwerk, Steuerwerk und Fahrwerk (bzw. Schwimmwerk, Schneekufen oder dergleichen).

Tragwerk. Es umfasst die Tragflügel mit Querrudern und Landehilfen. Die Tragflügel erzeugen den zum Fliegen erforderlichen Auftrieb, der das Flugzeug vom Boden abhebt und in der Luft hält. Aus einer großen Anzahl bekannter Tragflügelprofile wird je nach Verwendungszweck eines zu konstruierenden Flugzeugs und den an dieses gestellten Leistungsanforderungen das günstigste mit jeweils bestimmter aerodynamischer Charakteristik ausgewählt. Bei einem symmetrischen Profil sind die beiden Hälften unterhalb und oberhalb der Mittellinie gleich, während bei unsymmetrischen Profilen die Oberseite stärker gewölbt ist als die Unterseite. Das Laminarprofil hat die größte Dicke von der Flügelnase aus gesehen sehr weit hinten und weist hohe Oberflächengüte auf; dadurch bleibt die Strömung in der Grenzschicht weitgehend laminar, wird also nicht turbulent. Ein dickes, stark gewölbttes Profil erzeugt großen Auftrieb bei geringer Geschwindigkeit; ein sehr dünnes, beinahe symmetrisches Profil gewährleistet den erforderlichen Auftrieb nur bei sehr hoher, schallnaher (subsonischer) oder Überschallgeschwindigkeit (transsonischer Geschwindigkeit). Auch der Tragflügelumriß wird durch die Fluggeschwindigkeit bestimmt. Bis 700 km/h herrschen gerade Flügel vor. Bei größerer Geschwindigkeit macht sich bei ihnen aber die allmähliche Annäherung an die Schallgeschwindigkeit (etwa 1200 km/h) durch starke Widerstandszunahme und Verdichtungsstöße bemerkbar. An Pfeilflügeln treten diese Erscheinungen jeweils erst bei einer um so höheren Geschwindigkeit auf, je stärker die Pfeilung ist. Diese Erkenntnis führte zu einer Anzahl neuer Flügelformen, so zum Deltaflügel, der bei schallnaher Geschwindigkeit große Vorteile hat. Bei Überschallgeschwindigkeit sind wieder gerade Flügel anwendbar.

Querruder an der Hinterkante beider Tragflügel ermöglichen durch Ausstellen nach oben bzw. unten (auf beiden Seiten jeweils entgegengesetzt) Bewegungen um die Längsachse (vor allem beim Kurvenflug). Landehilfen sind meist klappenförmige Einrichtungen ebenfalls an den Tragflügelhinterkanten, die die Strömungsverhältnisse an den Tragflügeln so beeinflussen, dass der Auftrieb bei der Landung und auch beim Start erhöht wird, Lande- und Startgeschwindigkeit dadurch gesenkt sowie Lande- und Startstrecke verkürzt werden.

Rumpf. Er dient zur Aufnahme von Personen, Lasten und Geräten, hat bei Verkehrsflugzeugen meist runden bis elliptischen Querschnitt, um den Luftwiderstand möglichst klein zu halten. Der die Besatzungs-, Fluggast- und Frachträume umfassende Rumpfteil von Verkehrsflugzeugen ist als luftdichte, druckfeste und thermisch isolierte Druckkabine ausgebildet, so dass auch in großer Höhe normale Druck- und Temperaturverhältnisse aufrechterhalten werden können.

Leitwerk. Es ist am Ende des Rumpfes angebracht und umfasst gewöhnlich je ein Höhen- und Seitenleitwerk (seltener zwei Seitenleitwerke), bestehend aus fester Flosse und beweglichem Ruder. Das Höhenruder ermöglicht Bewegungen um die Quer-, das Seitenruder solche um die Hochachse. Um das Höhenleitwerk vom Flügelnachlauf (Luftströmungen der Tragflügel) und vom Triebwerksstrahl fernzuhalten, ist es oft oben auf das Seitenleitwerk aufgesetzt.

Steuerwerk nennt man die Gesamtheit aller Einrichtungen zum Bewegen von Höhen-, Seiten- und Querrudern. Hierzu gehören der Steuerknüppel bzw. die Steuersäule zum Betätigen der Höhenruder (durch „Ziehen“ bzw. „Drücken“) und Querruder (durch Seitwärtsbewegen bzw. Drehen), die Fußpedale zum Bewegen des Seitenruders, die Seilzüge bzw. Gestänge als mechanische Verbindung bzw. die elektrischen oder Öldruckleitungen sowie die Elektro- bzw. Hydraulikbauelemente bei notwendiger Verstärkung der Handkraft des Piloten in großen Flugzeugen.

Fahrwerk. Es besteht aus dem Hauptfahrwerk mit einem oder mehreren

Radpaaren sowie aus einem Sporn oder Spornrad am Rumpfe (Heckradfahrwerk, nur bei kleinen Flugzeugen) bzw. einem Bugrad oder -paar an der Rumpfnase (Bugradfahrwerk). Letzteres hat den Vorteil, dass sich das Flugzeug durch seine horizontale Lage besser bewegen und bremsen lässt und dass es dem Piloten bessere Sicht ermöglicht. Beim Tandemfahrwerk sind die Radpaare des Hauptfahrwerks hintereinander am Rumpf und Stützräder an den Tragflügeln angeordnet. Die meisten schnellen Flugzeuge sind mit Einziehfahrwerken ausgerüstet, bei denen das Hauptfahrwerk und das Bugrad (häufig auch das Spornrad) in die Tragflügel, den Rumpf, die Triebwerksverkleidung oder in besondere Fahrwerksgondeln hydraulisch einziehbar sind. Bug- und Heckrad sind lenkbar, alle Räder des Fahrwerks einzeln abbremsbar. Segelflugzeuge haben eine Kufe oder ein Einzelrad, in Schneegebieten eingesetzte Flugzeuge skiähnliche oder neuerdings aerodynamisch geformte Kufen. Wasserflugzeuge sind heute meist Flugboote mit als Bootskörper ausgebildetem Rumpf und seitlichen Stützwimmern an den Tragflügeln.

Ausrüstung. Bordinstrumente dienen der Flugüberwachung (Höhenmesser, Fahrtmesser, Variometer, Wendezeiger, Kompass, Horizont-, Kurskreisel, u. a.), der Flugregelung (Autopilot), der Triebwerksüberwachung (Drehzahlmesser, Ladedruckmesser, Vorrats- und Druckmesser für Kraft- und Schmierstoff, Thermometer für Kühlmittel, Schmierstoff und Außenluft) sowie der Flugwerküberwachung (Stellungszeiger für Lande- und Trimmklappen sowie Fahrwerk). Funkgeräte ermöglichen die Verständigung zwischen Flugzeug und Bodenstationen sowie die Standortermittlung (Funknavigation, -peilung) und Schlechtwetterlandung. Zur Ausrüstung gehören ferner die elektrische und Beleuchtungs-, die Kraftstoff-, Druck- und Klimaanlage, alle hydraulischen Anlagen (für Fahrwerk, Ruder, Klappen u. a.), Sicherheits- und Rettungseinrichtungen (Feuerlösch-, Sauerstoff-, Höhenatmungs-, Enteisungs-, Nothydraulik- und Notstromanlage, Vereisungswarnanlage, Schlauchboot, Rettungswesten, Fallschirme, Bremsschirme für Landung auf vereister Landebahn, Signalmittel), Karten, Werkzeug, Ersatzteile u.a.

Flugzeugbauweisen. Nur wenige kleine und langsame Flugzeuge werden heute noch in Holz- oder Gemischtbauweise (Holz und Metall) gefertigt; sonst bevorzugt man die Ganzmetallbauweise, die eine wirtschaftliche Serienfertigung ermöglicht, bzw. wählt für Segel- und kleine Motorflugzeuge mitunter auch die Plastbauweise. Bei den herkömmlichen Bauweisen befinden sich die tragenden Teile im Innern des Flugzeugs, und die Beplankung kann nur geringe Kräfte aufnehmen. Bei der Schalenbauweise bestehen die Zellenteile aus einzelnen, durch Stringer (Winkelprofile) aus gesteiften, räumlich gekrümmten Hautfeldern, und die Außenhaut trägt selbst wesentlich nur Festigkeit und Steifigkeit der Zelle bei bzw. nimmt die auftretenden Spannungen unmittelbar auf.

Die leichteste Schalenbauweise ist die Verbundplatten- oder Sandwichbauweise, bei der die Schalen von zwei dünnwandigen Außenplatten als Festigkeitsträger und einer leichten Kernschicht gebildet werden. Der Kern als Stützelement besteht aus wabenartig geformter Aluminiumfolie, Hartpapier, Plast oder Schaumstoff, bei durch Wärme beanspruchten Teilen aus gewelltem, nicht rostendem Stahl. Zum Vermeiden von Hohlräumen (Gefahr der Schweißwasseransammlung) bzw. Nietung (verminderte Festigkeit und Oberflächengüte) entwickelte man die Integralschale. Sie wird aus einem Stück (daher die Bezeichnung) hergestellt und wegen ihrer hohen Konturgenauigkeit, großen Steifigkeit und geringen Dicke besonders für Rumpf und Tragflügel von Überschallflugzeugen verwendet.

8.2 Text 2 Verkehrsflugzeuge

Verkehrsflugzeuge werden die von Luftverkehrsgesellschaften vornehmlich im Liniendienst und z. T. im Charterluftverkehr eingesetzten vielsitzigen Flugzeugen genannt. Man unterteilt sie meist nach der Reichweite, wobei die Grenzen der einzelnen Bereiche in den einzelnen Ländern je nach deren Luftverkehrsbedingungen schwanken, so dass die im folgenden genannten Zahlen nur als Richtwerte anzusehen sind.

Kurzstrecken-Verkehrsflugzeuge (bis 1000 km Reichweite) haben z. T. noch Kolbentriebwerke; neue Typen werden aber alle mit Propeller-Turbinen- (z. B. „An 24“) oder TL-Triebwerken gebaut. Die Kapazität beträgt bis 100 Fluggäste. Mittelstrecken-Verkehrsflugzeuge (1000 bis 2750 km) haben 2,3 oder 4 PTL- bzw. TL- (nur noch selten Kolben-) Triebwerke und können 40 bis 160 Fluggäste (je nach Streckenaufkommen) aufnehmen (z. B. „IL 18“, „Tu 104 A“, „Tu 134“, „Boeing 727“, „Caravelle“). Für den Kurz- und Mittelstreckenbereich entwickelt man in mehreren Ländern seit einigen Jahren Airbusse für 250 bis 300 Fluggäste und mehr, die auf Strecken mit hohem Verkehrsaufkommen in kurzen Zeitabständen im busartigen Liniendienst (ohne vorherige Platzbuchung) fliegen sollen. Die Entwicklung derartiger Flugzeuge ist notwendig, weil auf den Flughäfen und Luftstraßen eine größere Beförderungsleistung nur noch mit größeren, aber nicht mit zahlenmäßig mehr Flugzeugen erreicht werden kann, da der Verkehrsfrequenz Grenzen gesetzt sind.

Langstrecken-Verkehrsflugzeuge (über 2750 km Reichweite) sind vor allem für den zwischenstaatlichen und Transozeanverkehr vorgesehen und haben sämtlich 4 (meist TL- oder ZTL-, teils auch noch PTL-) Triebwerke. Ihre Kapazität beträgt 150 bis 490 Fluggäste (z. B. „IL 62“, „Super VC 10“, „Boeing 707“, „Boeing 747“). Nach 1970 werden auf einigen Langstrecken Überschall-Verkehrsflugzeuge (engl. Super Sonic Transport, Abk. SST) mit einer Geschwindigkeit bis Mach 2,2 eingesetzt werden („Tu 144“, „Concorde“), die man durch besonders starke Triebwerke und neuartige aerodynamische Formen erreicht.

Die meisten Verkehrsflugzeuge befördern neben den Fluggästen auch Post und Luftfracht, vor allem hochwertige (Edelmetalle, -steine, Uhren, Pelze u. a.), eilbedürftige (z. B. Blumen, Obst, Medikamente, lebende Tiere, Ersatzteile, Ausstellungsgut) und empfindliche Güter (feinmechanische und optische, Rundfunk- und Fernsehgeräte, Porzellan, Photomaterial u. a.). Da der Luftfrachtverkehr in den letzten Jahren stark zugenommen hat, setzt man auch immer mehr speziell konstruierte Frachtflugzeuge ein, die einen besonders

geräumigen Rumpf aufweisen, der oft mit großen Bug- und Heckklappen, Rollenbahnen, Krananlagen u. a. ausgestattet ist. Von einigen Passagierflugzeugtypen gibt es Frachtvarianten und manche können schnell zur Aufnahme von Luftfracht umgerüstet werden.

Reisenflugzeuge werden für Privatflüge, als Lufttaxi und für Charterflüge weniger Personen verwendet (z. B. „L 200 D - Morava“), sind also nicht im Linien- dienst eingesetzt. Ihre Anzahl ist heute schon größer als die der Verkehrsflugzeuge und die Reichweite mitunter höher als die von Kurzstrecken- Verkehrsflugzeugen. Sie haben 1 oder 2 Triebwerke und können 2 bis 6 Fluggäste aufnehmen.

Geschäftsflugzeuge (ebenfalls ein- oder zweimotorig) werden von Großbetrieben, Dienststellen oder Organisationen gehalten und sind z. T. für Besprechungen, Diktat u. a. eingerichtet (4 bis 10 Fluggäste).

8.3 Text 3 Flugzeugbau

Flugzeugbau ist ein Teilgebiet des Maschinenbaus, der sogenannten Verkehrstechnik. Er umfasst den Entwurf, den Bau und die Erprobung von Luftfahrzeugen, zum Teil auch deren Wartung, Instandhaltung und Reparatur. Dabei behandelt das Thema Flugzeugbau auch den Bau von Luftschiffen, Hubschraubern usw. Großflugzeuge werden in den großen Luftwerften wie zum Beispiel Boeing, Iljuschin oder Airbus gebaut. Für kleinere und kleine Serienmaschinen für die kommerzielle Nutzung gibt es in Abstufungen weitere Hersteller (Canadair, Bombardier, BAE Systems sowie die Hersteller der Sport- und Geschäftsmaschinen). Alle diese Luftwerften wie auch ihre Zulieferer bedürfen einer Zulassung als JA bzw. JB Betrieb gemäß internationaler Vorschriften (FAR/JAR).

Die großen Verkehrsmaschinen bestehen hauptsächlich aus Aluminium sowie zunehmend aus Faserwerkstoffen. Zunächst werden Rumpfsektionen gefertigt, welche später zu Rümpfen komplettiert werden. Nach wie vor ist die

Niettechnik die gängigste Verbindungstechnik, wobei die Niete beim Einsetzen eine bestimmte Temperatur besitzen müssen. Wurde die Zeit zwischen Entnahme aus dem Klimaschrank und Einbau überschritten, werden diese als Schrott verworfen. Der fertige Rohbau wird aufgrund der Farbe der Grundierung "grünes Flugzeug" genannt, wobei durchaus flugfertige grüne Flugzeuge zur Endausrüstung verkauft werden (z. B. rüstet Lufthansa Technik in Hamburg grüne 737 zu Business Jets aus). Bevor ein Flugzeug in Serie gehen darf und seine Zulassung erhält, sind diverse zerstörende und nichtzerstörende Tests (Probeflüge) erforderlich sowie zahlreiche Berechnungen, Analysen und Simulationen. Die durchzuführenden Tests werden im ATP (Acceptance Test Procedure) festgelegt und im ATR (Acceptance Test Report) festgehalten. Jedes Bauteilmuster muss darüber hinaus Qualifikationstests bestehen (häufig zerstörende Prüfung). Nach Abschluss der Qualifikation gibt es dann die Typenzulassung (Type Approval).

Bauweisen. Das Grundprinzip bei allen Bauweisen ist der Aufbau der Konstruktion: Der Rumpf besteht aus Spanten, Längsgurten und einer Verkleidung, welche zumeist aus einer Beplankung besteht. Die Flächen bestehen aus einem Holm, der die Fläche auf der Querachse zusammenhält. Am Holm befinden sich rippen in Profilform, die die Form der Fläche geben und stabilisieren. Seit dem Bestehen des Flugzeugbaus haben sich vier Bauweisen durchgesetzt. Diese lauten:

Holzbauweise. Bei der Holzbauweise wird das Flugzeug komplett aus Holz gebaut. Die Konstruktion setzt sich beim Rumpf aus Längsgurten, Spanten und einer Sperrholzbeplankung zusammen. Holzflugzeuge werden nach wie vor in Serie gebaut, so wie die italienische Pioneer 300 oder die französische Robin DR.400. Hauptsächlich wurden jedoch Segelflugzeuge aus Holz gebaut (zum Beispiel die Schleicher Ka 6). Flugzeugflächen wurden auch bei dieser Bauweise teilweise mit Stoff bespannt.

Gemischtbauweise. Die Gemischtbauweise verbindet die Holzbauweise mit einer Metallrohrkonstruktion. Die Metallrohrkonstruktion bildete zumeist den

Rumpf, der dann bespannt wurde. Die Flächen wurden meistens aus Holz gebaut. Die Gemischtbauweise wird heutzutage nur selten in Serie angewendet. Flugzeuge in Gemischtbauweise: Ka8, Piper PA-18 bzw. aktuelle Modelle: Scheibe Aircraft "Falke", M&D-Flugzeugbau "Samburo", Zlin "Savage".

Metallbauweise. Flugzeuge in Metallbauweise sind komplett aus Metall gebaut. Ihre Flächen sind nicht bespannt, sondern durchgehend mit Blech beplankt und vernietet. (Beispiel: LET L-13, Cessna 172).

Faser-Verbund-Kunststoff-Bauweise. Die Faser-Verbund-Kunststoff-Bauweise ist die im Moment verwendete Bauweise für Flugzeuge. Bei dieser Bauweise wird das Flugzeug aus Glasfaserkunststoff oder Kohlefaserkunststoff gebaut. Aus diesem Material werden so gut wie alle Bauteile gefertigt. (Beispiel GFK: Glasflügel Libelle, Grob G 115. Beispiel CFK: Schempp-Hirth Ventus)

Flugzeugselbstbau. In den meisten Ländern ist es möglich und auch erlaubt, ein manntragendes Flugzeug selbst zu bauen; diese Flugzeuge tragen dann die Kennzeichnung "Experimental". Dabei haben sich drei Arten etabliert:

- 1) Bau eines Bausatzflugzeugs („kit plane“)
- 2) Bau nach einem gekauften Bauplan
- 3) Eigenentwicklung eines Flugzeugs

Der Bau nach Bausatz ist die gebräuchlichste Methode. Vorteil: Die Konstruktionen sind im allgemeinen bereits erprobt, durch mehr oder weniger vorgefertigte Komponenten lässt sich ein Flugzeug in einem überschaubaren Zeitrahmen bauen, meistens zwischen 500 und 2000 Stunden. Die Materialbeschaffung hat der Bausatzhersteller übernommen. Die Kosten für ein Bausatzflugzeug liegen zwischen ca. 50 und 80 % des Preises eines fertigen Modells.

Beim Bau nach Bauplan kauft man sich von einem Konstrukteur einen Plan, nach dem man das Flugzeug anfertigt. Hierbei müssen allerdings alle

Komponenten selbst hergestellt bzw. beschafft werden. Der Zeitaufwand beträgt je nach Konstruktion 1000–5000 Stunden, teilweise auch noch länger. Zu vielen Flugzeugtypen sind nur Baupläne und keine Bausätze erhältlich.

Auch die Eigenentwicklung eines Flugzeugs ist möglich. Für einen Anfänger ist dies jedoch nicht der übliche Einstieg in den Flugzeugbau. Theoretisch ist es möglich, jeden beliebigen Gegenstand als Flugzeug zu bauen, wenn sich nachweisen lässt, dass das Konstrukt zuverlässig und sicher fliegt.

Der Selbstbau eines Flugzeugs ist lediglich für Privatleute möglich. Eine Serienproduktion ist nicht erlaubt. Hierfür wird eine Musterzulassung benötigt. Das Flugzeug darf nach Fertigstellung nur zu Hobbyzwecken betrieben werden, eine kommerzielle Nutzung ist verboten.

In Deutschland läuft der Flugzeugselbstbau normalerweise über einen Verein – die Oskar Ursinus Vereinigung (OUV). Dieser Verein unterstützt den Erbauer in technischer und rechtlicher Hinsicht. Auch bei der Akaflieg werden Flugzeuge selbstgebaut.

8.4 Text 4 Airbus A380

Der Airbus A380 (umgangssprachlich auch Superjumbo als Steigerung von Jumbo-Jet, Airbus-interner Projektname Megaliner) ist ein vierstrahliges Großraumflugzeug des europäischen Flugzeugherstellers Airbus S.A.S. mit zwei durchgängigen Passagierdecks. Der Tiefdecker ist das größte zivile Verkehrsflugzeug, das bisher in Serienfertigung produziert wurde. Während der Konzeptionsphase wurde das Flugzeug als Airbus A3XX bezeichnet. Die Endmontage des Flugzeugs findet in Toulouse und die Kabinenausrüstung in Hamburg-Finkenwerder statt. Der Erstflug dieses Langstreckenflugzeugs wurde am 27. April 2005 mit einer Maschine mit der Werksseriennummer MSN001 in der Version A380-841 absolviert. Bisher wurden 240 Flugzeuge dieses Typs

bestellt. Die erste Maschine wurde am 15. Oktober 2007 in Toulouse an die Fluggesellschaft Singapur Airlines übergeben und hatte am 25. Oktober 2007 ihren ersten Passagierflug.

Vorgeschichte. Die Entwicklung des Airbus A380 geht bis in die 1980er-Jahre zurück, als erste Machbarkeitsstudien bezüglich eines Großflugzeuges sowohl für Passagiere als auch für den Frachtflugverkehr erstellt wurden. In der zweiten Hälfte der 1990er-Jahre ergab sich eine Marktsituation, die aus Sicht von Airbus eine Realisierung der Pläne gestattete. Diese Einschätzung resultierte einerseits aus der wachsenden Nachfrage nach Großraumflugzeugen, andererseits aus der Entscheidung des Airbus-Konkurrenten Boeing, keine Mittel für neue Versionen seiner Boeing 747 bereitzustellen. Nachdem im Jahre 2000 die ersten 50 Kaufabsichtserklärungen vorlagen, begann Airbus mit der Konstruktion.

Für die Entwicklung des Flugzeuges war nicht nur die Erhöhung der möglichen Passagierzahl gefordert, sondern auch die Senkung der spezifischen Betriebskosten des Flugzeuges pro Person und Kilometer. Die A380 sollte im Vergleich zu anderen modernen Passagierflugzeugen der 1990er-Jahre mit um 15 Prozent geringeren Kosten betrieben werden können. Die Entwicklungsziele konnten nur durch einen großen Einsatz von fortschrittlichen Werkstoffen, wie beispielsweise faserverstärktem Kunststoff und neuartigen Bauweisen, wie etwa Sandwichkonstruktionen, zur Gewichtseinsparung erreicht werden. Die Rumpfaußenhaut besteht zum Beispiel nur noch an der Unterseite aus Aluminium. Die oberen zwei Drittel sind aus glasfaserverstärktem Aluminium gefertigt.

Ein anderes Ziel war die Lärmreduzierung. Der Lärmteppich des Flugzeugs ist erheblich kleiner als bei allen vergleichbaren Flugzeugen. Die Außenmaße des Flugzeugs übertreffen nicht die 80×80-Meter-Box, wodurch es sich auf bestehenden Rollwegen bewegen und auch die Abfertigungsinfrastruktur der Terminals nutzen kann. Zur optimierten Passagierabfertigung werden allerdings oft die bestehenden Einrichtungen derart erweitert, dass der Ein- und Ausstieg parallel

über beide Decks ablaufen kann. Ziel ist das Erreichen vergleichbarer Turnaround-Zeiten wie bei einstöckigen Großraumflugzeugen. In Deutschland werden auf absehbare Zeit nur die Großflughäfen Frankfurt und München derart erweitert werden. Zudem wird der voraussichtlich im Jahr 2011 eröffnende Flughafen Berlin Brandenburg A380-fähig sein.

Der A380-Erstflug, der wegen technischer Probleme mehrfach verschoben werden musste, fand am 27. April 2005 vor tausenden Zuschauern statt. Die Maschine mit der Seriennummer (MSN) 001 startete mit einem Startgewicht von 421 Tonnen. Dies war das bis dahin höchste Startgewicht eines zivilen Verkehrsflugzeuges. Der Erstflug dauerte 3:54 Stunden. Der genaue Termin war stark vom Wetter abhängig, da bei Süd-West-Wind in Richtung Toulouse hätte gestartet werden müssen, was aus Sicherheitsgründen vermieden werden sollte. Nach dem erfolgreichen Start vom Flughafen Toulouse-Blagnac um 10:29 Uhr auf der Startbahn 32L kreiste die A380 (Flugzeugkennung F-WWOW) während der ersten Erprobungsphase mit ausgefahrenem Fahrwerk in der Nähe von Toulouse. Während des gesamten Fluges wurde die A380 von einem weiteren Flugzeug begleitet, um das Flugverhalten von außen zu beobachten und mit Videokameras aufzuzeichnen. Nach einer etwa halbstündigen Testphase wurde das Fahrgestell eingefahren und die Flugerprobung fortgesetzt, jedoch nicht, wie ursprünglich geplant, über dem Atlantik, sondern über dem Festland parallel zum Nordrand der Pyrenäen. Um 14:23 Uhr landete MSN 001 wieder auf der Landebahn 32L. Während der gesamten Flugerprobung wurden Testdaten per Telemetrie über einen Satelliten direkt von der A380 in das Airbus-Testzentrum in Toulouse übertragen.

Die erste Auslieferung der Passagiversion war ursprünglich für Juni 2006 an Singapur Airlines geplant. Aufgrund von Produktionsproblemen verzögerte sich der Zeitplan jedoch mehrfach, so dass die Erstauslieferung erst am 15. Oktober 2007 stattfinden konnte. Bei derartigen Verzögerungen haben die Fluggesellschaften vertraglich die Möglichkeit, Konventionalstrafen gegenüber Airbus einzufordern, was auch getan wurde. Dies geschah in dem Fall des Airbus

A380 durch Schadensersatzzahlungen sowie verbilligte Verkäufe von anderen Flugzeugmodellen, insbesondere des Airbus A330, bzw. Nachbestellungen.

Bis Juni 2010 wurden im Liniendienst von den 30 eingesetzten Maschinen insgesamt 140.000 Flugstunden absolviert und zirka 5,5 Mio. Passagiere transportiert. Die weltweit erste Linienverbindung des A380 richtete Singapur Airlines am 25. Oktober 2007 zwischen Singapur und Sydney ein, die erste Strecke nach Europa nahm am 18. März 2008 ebenfalls Singapur Airlines zwischen Singapur und London auf.

Wirtschaftliche Aspekte

Der Listenpreis für einen Airbus A380-800 liegt im Mai 2008 zwischen 317,2 Millionen und 337,5 Millionen US-Dollar, der Durchschnittspreis bei 327,4 Millionen US-Dollar. Im Jahr 2010 stieg der Listenpreis auf bis zu 346,3 Millionen Dollar.

Konstruktive Ausführung und Technik

Der Airbus A380 ist ein vierstrahliger Tiefdecker mit einem im Querschnitt ovalen Rumpf, an dem die nach hinten gepfeilten Tragflächen und ein Leitwerk in konventioneller Bauweise montiert sind. Wesentliches äußeres Unterscheidungsmerkmal gegenüber anderen Zivilflugzeugen sind die beiden übereinander angebrachten und über die gesamte Rumpflänge verlaufenden Fensterreihen. Das Basismodell der A380-Familie stellt hierbei die A380-800 dar, auf die sich die folgenden Abschnitte auch beziehen.

Rumpf

Um die Passagierkapazität bei gleichbleibender Länge zu erhöhen, bekam die A380 zwei durchgängige Passagierdecks. Um den Luftwiderstand zu verringern und im Oberdeck eine Großraumkabine unterbringen zu können, erhielt die A380 im Gegensatz zur Boeing 747 kein aufgesetztes Oberdeck über dem

Vorderrumpf, sondern einen elliptischen Rumpfquerschnitt von 7,15 m Breite und 8,40 m Höhe über die ganze Länge. Der Flugzeugrumpf hat damit drei durchgehende Decks. Die Decks werden als Ober-, Haupt- und Unterdeck bezeichnet. Im Oberdeck finden bis zu acht Passagiere pro Sitzreihe Platz, während im Hauptdeck pro Reihe bis zu zehn Passagiere untergebracht werden können. Diese beiden Ebenen sind durch zwei Treppen sowie zwei Transportaufzüge für Speisen verbunden. Das untere Deck ist vor allem für Fracht vorgesehen, allerdings können hier auch Schlafräume für die Besatzung, Toiletten, Restaurants oder Bars eingerichtet werden. In normaler Konfiguration finden bis zu 38 LD3-Frachtcontainer im Unterdeck Platz. Alle drei Decks sind Teil der Druckkabine. Der Rumpf besteht weitgehend aus Aluminiumlegierungen, hierbei bestehen die Legierungen aus Aluminium-Lithium, Aluminium-Kupfer sowie Aluminium-Zink. Die Außenhaut besteht auf der Oberseite aus einem glasfaserverstärkten Metallaminat (Glare). Die Längsversteifungen (Stringer) des unteren Rumpfbereiches (Bilge) werden durch ein Laserschweißverfahren gefügt. Das hintere Druckschott, der Heckkonus und die Querträger des Oberdecks sind aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff gefertigt. Der Flügelmittelkasten besteht zum ersten Mal bei einem zivilen Luftfahrzeug auch aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff. Um Gewicht zu sparen, werden die elektrischen Leitungen, anders als ursprünglich geplant, aus Aluminium anstatt aus Kupfer gefertigt.

Cockpit

Das Cockpit befindet sich zwischen Haupt- und Oberdeck. Der Zugang erfolgt über das Hauptdeck durch eine schuss- und schlagsichere Tür. Es ist für maximal fünf Personen ausgelegt. Erstmals bei Airbus-Flugzeugen findet sich im Cockpit auch ein Onboard Maintenance Terminal, welches das papierlose Cockpit vervollständigt. An diesem Terminal hat das Wartungspersonal Zugriff auf die Logbücher, Wartungshandbücher, Systemparameter und Diagnosesysteme. Zum papierlosen Cockpit gehört auch das Onboard Information Terminal (OIT). Dort

werden beispielsweise interaktive Navigationskarten, Wetterkarten und Checklisten angezeigt. Zudem ist im Cockpit auch ein Zugang zum Avionics Compartment zu finden, das die Steuerzentrale des Flugzeuges darstellt und verschiedenste Computer und Komponenten beinhaltet.

Die Tragflächen weisen bei 25 % Tiefe eine Pfeilung von 33 30' auf und tragen zur Reduzierung des induzierten Luftwiderstandes 2,30 m hohe Wingtips aus Verbundwerkstoff an ihren Enden. Die Rippen bestehen aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff. Als Auftriebshilfen werden pro Seite an der Flächenvorderkante in sechs äußeren Bereichen aus Thermoplast hergestellte Vorflügel und in den zwei inneren Bereichen Kippnasen angewendet. Die Auftriebshilfen werden durch Kombinationen von Elektro- und Hydraulikmotoren angetrieben. Die Antriebswellen bestehen aus glasfaserverstärktem Kunststoff. An der Hinterkante gibt es in drei Bereichen Einfachspaltklappen mit einer Fläche von insgesamt 120 m². Das Hochauftriebssystem wird von einem redundanten Rechner betätigt und überwacht.

Die drei Querruder auf jeder Seite werden durch zwei Antriebe betätigt, diese werden auch parallel zu den Landeklappen zur Auftriebserhöhung abgesenkt. Darüber hinaus gibt es acht Spoiler, jeweils mit eigenem Antrieb. Die Tragflächen bestehen im Wesentlichen aus Aluminiumlegierungen.

Leitwerke

Der Airbus A380 besitzt zwei Leitwerke in konventioneller Bauweise, das Höhenleitwerk und das Seitenleitwerk. Das Seitenleitwerk besteht hierbei komplett aus kohlefaserverstärktem Kunststoff. Das Seitenruder ist zweiteilig ausgeführt. Die notwendige große Fläche des Seitenruders würde hohe Kräfte beim seitlichen Ausschlag verursachen und damit stärkere und schwerere Ruderbeschläge notwendig machen. Demnach wurde das Ruder gesplittert, um die Belastungen zu reduzieren. Die beiden Hälften werden jedoch simultan bewegt, sodass es die Wirkung wie ein einziges großes Ruder besitzt. Jede der beiden Steuerflächen wird

von zwei Hydraulikaktoren angetrieben. Das Höhenleitwerk ist wie das Seitenleitwerk und die Hecksektion ebenfalls komplett aus kohlefaserverstärktem Kunststoff hergestellt. Es besitzt die Fläche einer gesamten Tragfläche des Airbus A320. Es hat insgesamt vier Höhenruder, die jeweils von zwei Hydraulikaktoren betätigt werden. Zudem besitzt das Höhenleitwerk auch einen Kraftstofftank, der zur Optimierung des Schwerpunktes individuell und automatisch am Boden betankt und im Flug geleert wird. Dieser Trimm-tank kann mit einer Menge von 18,6t Kerosin befüllt werden.

Triebwerke

Die A380-800 ist mit vier Triebwerken ausgestattet, die an Pylonen unter den Tragflächen montiert sind. Der Kunde hat die Wahl zwischen Triebwerken.

Eine Besonderheit ist, dass nur die Triebwerke an den inneren Flügelpositionen Schubumkehr aufweisen. Die äußeren Triebwerke befinden sich bei den Boeing-747-kompatiblen, üblicherweise 45 m breiten, Bahnen bereits über den so genannten Schultern, die aus befestigten Grasflächen neben der Bahn bestehen. Bei der Anwendung der Schubumkehr würden hier Fremdkörper aufgewirbelt werden, die zu Beschädigungen am Rollfeld, an den Triebwerken und an sonstigen Flugzeugteilen führen könnten. Ein weiterer Grund liegt in der Gewichtsersparnis, die dadurch erreicht werden konnte. Zudem wird die Schubumkehr erstmals elektrisch und nicht wie üblich hydraulisch oder pneumatisch betätigt. Beide Triebwerke verwenden zur Steuerung und Regelung dasselbe

Hilfstriebwerksauslass und -einlass

Das Hilfstriebwerk (APU) der A380 stammt von Pratt & Whitney Canada und Hamilton Sundstrand, wobei P&W die Turbine herstellt und H&S für die Systemintegration verantwortlich ist. Es befindet sich im Heck des Rumpfs, dem sogenannten Heckkonus. Benutzt wird es zur Bereitstellung von Elektrizität ($2 \times 115\text{V}$ bei 400 Hz mit je 120 kV.A) für alle hydraulischen und elektrischen Systeme, wenn die Haupttriebwerke abgestellt sind. Zudem liefert es Zapfluft, die

zur Versorgung der Klimaanlage (möglich bis 22.500 ft Flughöhe) und zum Starten der Haupttriebwerke verwendet wird. Im Falle, dass der Flughafen ein stationäres System zur Energieübertragung hat, kann das Flugzeug auch an dieses angeschlossen werden. Das Hilfstriebwerk ist mit etwa 1300 kW die bisher stärkste Hilfsgasturbine für Flugzeuge und besitzt 20 % mehr Leistung als die nächstkleinere. Sie stellt in etwa 900 kW an pneumatischer Energie und 1,2 MW an Gesamtleistung für die Flugzeugsysteme her.

Klimatisierung

Der Airbus A380 besitzt zwei Klimaanlage (PACKs), die jeweils zwei sogenannte Air Generation Units (AGUs) beinhalten. Der Vorteil bei dem Design der AGUs besteht in einer sehr kompakten Bauweise. Die Leistung der PACKs beträgt etwa 450kW und erreicht einen Luftdurchfluss in die Kabine von 2,5–2,7 kg/s. Die Versorgung durch Stauluft (RAM Air) liegt bei 6,5 kg/s. Die Kabinenluft wird bei voller Leistung etwa alle drei Minuten komplett durch Frischluft ersetzt.

Kraftstoffanlage

Die Kraftstoffanlage dient zur Unterbringung des Kraftstoffes, überwacht die Kraftstoffmenge in jedem Tank und kontrolliert bzw. steuert den Kraftstofftransfer zwischen den einzelnen Tanks. Neben der Kraftstoffversorgung für die Triebwerke kann mit ihrer Hilfe der Flugzeugschwerpunkt gesteuert werden und die Belastung der Flugzeugstruktur beeinflusst werden. Das Be- und Enttanken steuert die Anlage automatisch. Im Notfall können bis zu 150 Tonnen Kerosin pro Stunde abgelassen werden

Das Fahrwerk besteht aus einem Bugfahrwerk, zwei Rumpffahrwerken und zwei Tragflächenfahrwerken. Zudem beinhaltet es die Bremsanlage und die Lenkanlage sowie eine Anlage zur Überwachung von Reifendruck, Bremsentemperatur und Druck der Federbeine.

Versionen

Bei allen Versionen der A380 wurden die glatten Hunderternummern in offiziellen Angaben noch weiter unterteilt. Dabei steht die zweite Stelle für den Triebwerkshersteller und die dritte Stelle für die eingesetzte Variante des Triebwerks. So tragen die Passagierversionen der A380 mit Rolls-Royce-Triebwerken die genauere Bezeichnung A380-841, jene mit Engine-Alliance-Triebwerken A380-861. Alle geplanten Versionen werden voraussichtlich die gleichen Tragflächen mit einer Spannweite von 79,8 m besitzen.

A380-700

Die A380-700, früher als A3XX-50R bekannt, ist eine auf 67,9 Meter gekürzte projektierte Version der A380-800 mit einer maximalen Reichweite von etwa 16.200 km für maximal 481 Passagiere. Die Umsetzung dieses Konzepts ist jedoch sehr fraglich, da die A380-700 strukturell höhere Sitzplatzkosten als die ebenfalls in diesem Segment operierende Boeing 747-8 haben würde und daher große Bestellungen von Fluggesellschaften unwahrscheinlich sind. Bisher hat sich keine Fluggesellschaft öffentlich für diese Version interessiert.

A380-800

Die A380-800 ist die Basisversion und wurde ursprünglich als A3XX-100 vermarktet. Der Erstflug fand am 27. April 2005 statt. Bei einem maximalen Startgewicht von 560 Tonnen ist das Flugzeug für bis zu 853 Passagiere zugelassen; die maximale Reichweite beträgt 15.000 Kilometer, die Dienstgipfelhöhe 13.100 Meter. Erstkunden waren Emirates, Singapur Airlines, Qantas, Air France und Lufthansa. Ab Herbst 2009 wurde die A380-800 mit verbesserten elektronischen Schutzmaßnahmen gegen das Überrollen des Landebahnendes und für besseren Kollisionsschutz in der Luft ausgestattet. Dazu wurde eine Brake to Vacate (geregeltes Bremsen bis zur Abrollgeschwindigkeit von zehn Knoten Fahrt am vorgewähltem Ziel), ROW/ROP

(LandeBahnüberrollwarnung und Schutz mit automatischer Berechnung der Bremsstrecke abhängig von den Witterungsbedingungen) und APTCAS (mit dem Autopiloten vernetztes automatisches Kollisionswarn- und Ausweichmanöversystem) ausgerüstet. Eine weitere projektierte Variante der A380-800 ist die A380-800R, anfangs als Airbus A3XX-100R bekannt. Diese besitzt zusätzliche Tanks im Frachtraum, eine verstärkte Struktur und deshalb auch ein erhöhtes Abfluggewicht. Ziel ist hierbei eine Erhöhung der Reichweite auf 16.200 Kilometer. Eine mögliche Indienststellung des Typs ist nicht vor 2015 geplant.

A380-800F

Die A380-800F ist eine Frachtvariante der A380-800, deren Entwicklung auf unbestimmte Zeit eingefroren ist, die erste Auslieferung findet frühestens 2015 statt. Angestrebt ist, bei einer Reichweite von 10.400 Kilometern bis zu 157,4 Tonnen Fracht sowie zwölf Passagiere transportieren zu können. Die Frachtflugvariante wurde ursprünglich von ILFC, Emirates, FedEx und UPS Airlines bestellt, die ihre Order entweder stornierten oder in Bestellungen für die Passagiervariante umwandelten.

A380-900

Die A380-900, ehemals auch Airbus A3XX-200 genannt, ist eine sich im Projektstadium befindliche gestreckte Version der A380-800 mit einer Länge von knapp unter 80 Metern. Die Variante soll eine verstärkte Struktur für höheres Abfluggewicht von etwa 590 t, stärkere Triebwerke und eine Reichweite von rund 14.200 km erhalten. Die maximale Passagierkapazität läge bei 963 Personen, die typische Kapazität im Drei-Klassen-Layout bei etwa 656 Personen. An dieser Variante haben unlängst die Fluggesellschaften Emirates, Air France und Lufthansa Interesse bekundet. Zeitweise plante Airbus, die Entwicklung der A380-900 ab 2010 aufzunehmen und sie ab 2015 auszuliefern. Mitte 2010 gab Tom

Enders allerdings bekannt, dass die Entwicklung in naher Zukunft nicht beginnen werde.

8.5 Text 5 Raketen

Eine Rakete (von ita. *rocchetta* „Spindel“) ist ein Flugkörper mit Rückstoßantrieb (Raketenantrieb), der während des Betriebs unabhängig von externer Stoffzufuhr (z. B. Oxidator) ist und daher auch im luftleeren Raum beschleunigen kann. Raketen, die eine sehr umfassende Eigensteuerung haben und z. B. beweglichen Zielen folgen, werden auch als Lenkflugkörper eingeordnet. Im Gegensatz zu Geschossen haben Raketen lange Beschleunigungsphasen. Wegen der dadurch deutlich geringeren Belastungen kann die Struktur der Rakete sehr leicht gehalten werden. Bei Raketen reichen die Größenordnungen von Feuerwerksraketen bis hin zu der riesigen Energija oder der Saturn V, die im Apollo-Programm – dem bemannten Flug zum Mond – eingesetzt wurde.

Geschichte. Der erste überlieferte Raketenstart fand 1232 im Kaiserreich China statt. Im Krieg gegen die Mongolen setzten die Chinesen in der Schlacht von Kaifeng eine Art Rakete ein: Dabei feuerten sie eine Vielzahl simpler, von Schwarzpulver angetriebener Flugkörper auf die Angreifer ab. Die Raketen sollten weniger den Gegner verletzen, als die feindlichen Pferde erschrecken. In Europa fand der erste dokumentierte Start einer Rakete 1555 im siebenbürgischen Hermannstadt statt. Der Flugkörper verfügte bereits über ein Drei-Stufen-Antriebssystem. 1804 stellte der Engländer William Congreve mit der von ihm entwickelten und später nach ihm benannten Raketenwaffe, einer Art Brandrakete, erste größere Versuche an; die Waffe wurde 1806 bei Boulogne, 1807 beim Bombardement von Kopenhagen, 1809 beim Angriff auf die französische Flotte bei Île d'Aix und bei der Beschießung von Vlissingen und 1813/1814 vor Glückstadt eingesetzt. Während der Befreiungskriege schickten die Engländer ihren Verbündeten Raketenbatterien, die 1813 bei den Belagerungen von

Wittenberg und Danzig sowie in der Völkerschlacht bei Leipzig zum Einsatz kamen. Congreves Raketen wurden ferner im Krieg von 1812 gegen die Amerikaner eingesetzt. Nach genauem Studium der englischen Raketenwaffen führte in Folge der österreichische Freiherr Vincenz von Augustin diese neue Waffe in der österreichischen Armee ein. Augustin war ab 1814 Chef der Kriegsraketenanstalt und hatte als Kommandant bis 1838 das in der österreichischen Artillerie neuerrichtete Raketenkorps (Feuerwerkskorps) in Wiener Neustadt unter sich. Aus dem Jahr 1865 stammt ein österreichisches Raketengeschütz für achtpfündige Rotationsraketen, das sich im Heeresgeschichtlichen Museum in Wien befindet. In Weiterentwicklung der Konstruktion des Briten Halle wurde die Stabilisierung der Raketen nicht mehr durch einen Stab, sondern durch das Treibmittel selbst erreicht. Die Pulvergase traten nach der Zündung nicht nur durch die hintere Antriebsöffnung, sondern auch durch seitlich angelegte Bohrungen aus und versetzten die Rakete damit in Rotation.

1926 testete Robert Goddard in den USA erfolgreich seine selbst entwickelte Rakete mit Flüssigtreibstoff. Bei Opel begann 1927 die Raketenforschung mit einem eigens konstruierten Prüfstand zur Messung der Schubkraft der Raketen. Auch Max Valier und Friedrich Wilhelm Sander nahmen daran teil. Am 11. April 1928 steuerte Kurt C. Volkhart das erste Ergebnis von Opels Forschung auf der Werksrennbahn: das Raketenauto RAK1. Fritz von Opel absolvierte im September 1929 auf dem Frankfurt-Rebstock den vermutlich ersten bemannten Raketenflug der Welt. Er erreichte mit dem Opel-Sander RAK-1-Flugzeug eine Geschwindigkeit von 150 km/h. 1931 gelang Johannes Winkler, Gründer des VfR (Verein für Raumschiffahrt), der erste Start einer Flüssigkeitsrakete in Europa. In der Sowjetunion wurden 1935 die Raketen GIRD-09 und GIRD-X gestartet. Beide Raketen wurden von der GIRD (*Gruppe zum Studium der rückstoßgetriebenen Bewegung*), einer Unterorganisation der OSSOAWIACHIM, entwickelt. 1942 hob die erste gesteuerte und flugstabilisierte Großrakete, das deutsche Aggregat 4, in

Peenemünde ab und leitete damit die Entwicklung ein, die zur Nutzung von Raketen als Transportmittel für Massenvernichtungswaffen führte. Den ersten bemannten senkrechten Raketenstart führte 1945 Lothar Sieber in einer Ba 349 Natter aus. Der Flug endete mit einem tödlichen Absturz. 1957 verließ eine modifizierte sowjetische Interkontinentalrakete vom Typ R-7 die Erdatmosphäre und brachte den Satelliten Sputnik 1 in eine Umlaufbahn um die Erde.

Ungelenkte Raketen. Ungelenkte Raketen werden durch den Startwinkel ausgerichtet und während des Fluges lediglich aerodynamisch stabilisiert. Dies erfolgt durch Drallstabilisation, einen Stabilisierungsstab oder Leitwerke, welche ggf. auch Drall erzeugen können. Die Leitwerke befinden sich meist am hinteren Ende der Rakete, jedoch immer hinter deren Schwerpunkt. Beispiele hierfür sind Feuerwerksraketen, Modellraketen, kleinere Höhenforschungsraketen (z. B. MMR06-M), zahlreiche militärische Raketen kürzerer Reichweite (z. B. Katjuscha), einfache Boden-Boden-/Boden-Luft-Raketen oder Geschosse von Raketenpistolen und Raketengeschützen.

Gelenkte Raketen. Gelenkte Raketen unterliegen während des Fluges einer Kursüberwachung und haben die Möglichkeit, den Kurs zu korrigieren. Dabei kann die Kurskorrektur autonom oder durch eine Leitstation erfolgen. Die Kurskorrektur wird meist durch ein die Raumlage überwachendes Kreiselssystem eingeleitet, auch inertiales Navigationssystem genannt. Es wird heute z. B. durch GPS-Steuerung ergänzt. Dies kann durch folgende Steuerglieder erfolgen:

1) Leitwerke wirken auf die umgebende Luft und können damit bei Flügen in der Atmosphäre auch nach Brennschluss genutzt werden.

2) Strahlruder wirken direkt im ausgestoßenen Gasstrom.

3) Schwenkbare Expansionsdüsen, oder *gas-dynamic-steering*.

4) Steuertriebwerke, die seitlich der Längsachse wirken.

Im militärischen Bereich werden gelenkte Raketen als *Flugkörper* bezeichnet. Beispiele hierfür sind militärische Raketen größerer Reichweite – die erste in Serie gebaute ballistische und gesteuerte Rakete war die A4, außerdem Flugabwehrraketen und Panzerabwehrraketen, größere Höhenforschungsraketen und Trägerraketen.

Die Hülle. Die Hülle von Raketen muss zugunsten des Treibstoffes und der Nutzlast möglichst leicht sein. Um nach Abbrand einer gewissen Treibstoffmenge möglichst wenig Totlast mitzuführen, werden größere Raketen mehrstufig ausgelegt, d.h. nach Brennschluss einer Stufe wird diese abgetrennt und die nächste Stufe zündet. Die Abtrennung erfolgt meist durch Absprennen (Pyrobolzen), kann aber auch durch Zündung der nachfolgenden Stufe erfolgen. Dadurch wird die nutzbare Energie optimiert, die spezifische Leistung und Nutzlastkapazität erhöht. Es gibt in der Raumfahrt bis zu fünfstufige Raketensysteme. Für Flüge in der Atmosphäre muss die Hülle aerodynamisch geeignet ausgelegt sein, weiterhin kann es zu erheblichen thermischen Belastungen durch Luftreibung kommen. Bei manchen Raketen, wie der amerikanischen Atlas-Rakete, wird die Hülle durch einen erhöhten Innendruck gehalten. Die Masse der Hülle beträgt im Vergleich zur Gesamtmasse einer Rakete (Masse der Hülle, der Nutzlast und des Treibstoffes) sehr oft nur einen Bruchteil derer. Bei manchen Trägerraketen macht die Hülle sogar nur 5 % der Gesamtmasse aus. Die Hülle und Strukturen einer Rakete werden meistens aus Aluminium gefertigt, da dieses Metall relativ leicht und stabil ist. Bauteile, die unter hoher Beanspruchung stehen, werden aus Stahl oder Titan gebaut.

8.6 Text 6 Aus der Geschichte der Raumfahrt

Die Geschichte der Raumfahrt beginnt im frühen 20. Jahrhundert. Robert Goddard baute die erste Flüssigkeitsrakete. Der Russe Konstantin Ziolkowski entwickelte im ersten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts die Theorie des Raketenantriebs und erdachte unter anderem die Flüssigkeitsrakete sowie die

Mehrstufenrakete. Der US-Amerikaner Robert Goddard stellte um 1910 erste Überlegungen zum Bau von Raketenmotoren und über Raumflüge zum Mond und zum Mars an. Er wurde wegen seiner Visionen als Phantast abgetan und geriet in Bezug auf die Raumfahrt fast vollständig in Vergessenheit. Er gilt aber als „Vater der Raketentechnik“. 1926 konnte er eine selbstentwickelte Flüssigkeitsrakete erstmals erfolgreich testen und erzielte auch einige Erfolge mit seinen Raketen. Erst im Zuge der Raketenentwicklung nach dem Zweiten Weltkrieg wurde ihm die verdiente Anerkennung zu teil.

1923 veröffentlichte der Siebenbürger Hermann Oberth sein bekanntestes Werk *Die Rakete zu den Planetenräumen*. Obwohl Oberth mit diesem Buch die theoretischen und technischen Grundlagen für Raketen und Raumfahrt legte, wurde es in den meisten Kreisen nicht ernst genommen und als utopische Literatur abgetan. Oberth experimentierte mit dem Bau von Raketen und erkannte, dass nur Flüssigtreibstoff genügend Leistung entwickelt, um große Höhen zu erreichen. Ab den 1940er-Jahren publizierte er zur Optimierung von mehrstufigen Raketen. 1955 stieß Oberth in Huntsville (Alabama)/USA zu seinem ehemaligen Schüler Wernher von Braun, der zum Leiter des amerikanischen Raketenprogramms aufgestiegen war.

Oberths Schüler Max Valier griff diese Ideen in Innsbruck, Wien und München auf und wurde darüber wissenschaftlicher Autor. Mit Unterstützung Oberths veröffentlichte er 1924 das Buch *Der Vorstoss in den Weltenraum* (sechs Auflagen bis 1930) und beschrieb – auch für Laien verständlich – ein Entwicklungsprogramm zur Raketentechnik. Vom Prüfstand über Raketenfahrzeuge und Flugzeuge führte es bis zur Raumrakete. Seine Experimente folgten diesem Weg, auch mit Fritz von Opel, erfolgreich mit Raketenantrieben für Autos, Schienenfahrzeuge und Flugzeuge, mit diversen Antriebsarten und Brennstoffen. Valier starb 1930 bei Versuchen mit Flüssigtreibstoff, als eine Brennkammer auf dem Prüfstand explodierte; er gilt als erstes Opfer der Raumfahrt.

In den späten 1920er-Jahren gab es in Deutschland durch den Verein für

Raumschiffahrt und Fritz Langs Stummfilm *Frau im Mond* einen regelrechten Boom des Raumfahrtgedankens. Dies führte zur Errichtung des Raketenflugplatzes Berlin in Berlin-Reinickendorf, der für die ersten praktischen Versuche mit Raketentechnik in Deutschland genutzt wurde.

Zu den Raumfahrtpionieren zählt auch Eugen Sänger. 1923 regte ihn Oberth's Buch zu speziellen Studien in Graz an (Flugzeugbau und Konstruktion, TU Graz). Wegen Widerständen einiger Professoren änderte er seine Dissertation „Raketenflugtechnik“ (1929) in Richtung Flugzeugbau. Treibstoff-Experimente führten zum Buch „Raketenflugtechnik“ (1933) – eines der Standardwerke der Raumfahrtliteratur. 1936 wechselte Sänger zur Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt (DVL) Berlin-Adlershof und erforschte den minimalen Energieaufwand für erdnahe Umlaufbahnen, weshalb der europäische Raumgleiter (Projekt etwa 1970–80?) nach ihm benannt wurde.

Die Weiterentwicklung vom Flugzeug zum Raumflugzeug sollte nicht nur energetisch günstig, sondern auch ein Ausweg aus dem Rüstungswettlauf sein. So gründete Sänger die Internationale Astronautische Föderation IAF, förderte die internationale Raumfahrt-Kooperation und wurde 1962 an den neuen Lehrstuhl „Elemente der Raumfahrttechnik“ der TU Berlin berufen, wo er 1964 während einer Vorlesung starb.

8.7 Text 7 Sputnik und der Beginn der bemannten Raumfahrt

Sergei Pawlowitsch Koroljow begann in den 1930er-Jahren in der Sowjetunion mit dem Bau von Raketen. Im Zuge des Großen Terrors wurde auch er verhaftet, erst nach seiner Freilassung 1944 konnte er wieder an Raketenentwicklungen mitarbeiten. Er wurde später der Chefkonstrukteur des sowjetischen Raketenprogramms. Koroljows Name wurde lange vor der Öffentlichkeit geheim gehalten – offizielle Verlautbarungen sprachen nur von „dem Chefkonstrukteur“. Sein erster großer Erfolg war Sputnik 1, der erste künstliche Erdsatellit. Er wurde am 4. Oktober 1957 in die Erdumlaufbahn

geschossen. Da Sputnik fortwährend Funksignale sendete, fand dieses Ereignis weltweite Beachtung und versetzte dem Westen den so genannten Sputnik-Schock. Das Gewicht des Sputnik-Satelliten ließ mit über 80 Kilogramm keinen Zweifel am militärischen Potential der Trägerrakete: Die UdSSR besaß nun Interkontinentalraketen. In den USA wurde die Raumfahrt zunehmend zum Politikum und Wahlkampfthema. Präsidentschaftskandidat John F. Kennedy kommentierte den Sputnik-Start mit den Worten: „Falls die Sowjets den Weltraum kontrollieren, dann können sie die Erde kontrollieren, so wie in den vergangenen Jahrhunderten diejenige Nation die Kontinente beherrschte, die auch die Weltmeere kontrollierte.“

Die sowjetische Raumfahrt schritt weiter zügig voran, und Sputnik 2 brachte noch im selben Jahr mit der Hündin Laika das erste Lebewesen in eine Erdumlaufbahn. Mit Sputnik5 wurden 1960 sogar zwei Hunde nicht nur in den Orbit gestartet, sondern auch wieder sicher auf die Erdoberfläche zurückgebracht. Der nächste entscheidende Schritt erfolgte am 12. April 1961, als Juri Gagarin mit der Wostok1 als erster Mensch die Erde umkreiste. Zum Vergleich: Der erste US-Amerikaner im Weltall Alan Shepard führte einige Wochen später am 5. Mai 1961 im Rahmen des Mercury-Programms lediglich einen 15-minütigen suborbitalen Flug durch; er erreichte also nicht einmal die Umlaufbahn um die Erde. Der erste Weltraumausstieg, also das Verlassen eines Raumschiffs, nur geschützt durch einen Raumanzug, gelang schließlich Alexei Archipowitsch Leonow am 2. März 1965. Leonow kam allerdings nur knapp mit dem Leben davon. Der UdSSR gelang 1959 mit Lunik 3 die erste Mondumrundung, die das erste Foto der – von der Erde aus nicht sichtbaren – Mondrückseite lieferte, sowie im selben Jahr die erste harte Mondlandung mit Lunik 2, bei der der Satellit zerstört wurde. 1966 gelang die erste weiche Mondlandung, also das unversehrte Aufsetzen des Flugkörpers auf der Mondoberfläche, mit Luna 9. Mit Luna 16 und Luna 20 gelang es auch, Mondgestein zurück zur Erde zu bringen, und 1970 erfolgte die Fahrt des ersten unbemannten Roboterfahrzeugs auf dem Mond (Lunochod 1). Im selben Jahr glückte auch mit Venera7 die erste weiche Landung auf der Venus.

8.8 Text 8 Flugführung von Raumflugkörpern

Ähnlich wie bei Raketen treten bei der Flugführung von Raumflugkörpern zwei verschiedene Forderungen auf, nämlich nach Stabilisierung des Raumflugkörpers, die nach Ausbrennen der Endstufe willkürliche Bewegungen verhindert und eine definierte Lage im Raum gewährleistet, sowie nach Flugbahnkorrekturen. Beide Forderungen werden auch hier unter Verwendung der Bezugswerte einer Kreiselplattform verwirklicht. Letztere gibt die Koordinaten des Bezugssystems vor und ermöglicht definierte Drehungen des Raumflugkörpers um seinen Schwerpunkt zur Orientierung des Triebwerks in die Wirkungsrichtung, die für Richtungs- und bzw. oder Geschwindigkeitsänderungen zur Flugbahnkorrektur erforderlich ist.

Zur Gewährleistung einer ausreichenden Stabilisierungsgenauigkeit über einen längeren Zeitraum wird die Kreiselplattform mit Astronavigationsgeräten ausgerüstet. Diese bestehen im Prinzip aus drei lichtempfindlichen Gebern (Sensoren), die für jede Koordinate durch ein kleines Fernrohr das Bild eines hell leuchtenden Himmelskörpers auf eine Photozellenanordnung projizieren. Wandert das Bild aus seiner richtigen Lage infolge von Stabilisierungsfehlern aus, so geben die Photozellen elektrische Korrekturkommandos an ein Stellsystem, das die Kreiselplattform wieder in ihre vorgeschriebene Lage bringt.

Während kleine Drehmomente um den Schwerpunkt eines Raumflugkörpers zu seiner Orientierung in eine bestimmte Richtung sowie zu seiner anschließenden Stabilisierung in dieser Richtung durch Impulse mit Druckgas (vorwiegend Stickstoff) aus tangential angeordneten kleinen Mehrwegedüsen (Druckgasstrahldüsen) erzeugt werden, geschieht die Korrektur der Flugrichtung und -geschwindigkeit mit einem in der Längsachse des Raumflugkörpers wirkenden und wiederzündbaren Flüssigkeits-Raketentriebwerk. Drehungen des Raumflugkörpers um die Achsen bis zur Erreichung der für die Korrektur notwendigen Lage im Raum werden durch Funkkommandos von der Erde

durchgeführt, die auf das Orientierungssystem einwirken. In gleicher Weise geschieht das Zurückdrehen nach erfolgter Korrektur in die ursprüngliche Lage, wenn es das Flugprogramm erfordert.

Die Flugführung von Raumflugkörpern wurde vor allem in der Sowjetunion so vervollkommen, dass mit den unbemannten Raumflugkörpern „Sonde 5“ und „Sonde 6“ eine Umfliegung des Mondes mit Rückkehr zur Erde möglich war. Von großer Bedeutung für die Rückkehr unbemannter und bemannter Raumflugkörper vom Mond oder den Nachbarplaneten zur Erde ist die dabei vom Landeteil der „Sonde 6“ erstmalig mit einer automatischen Steuerung ausgeführte Ziellandung unter Ausnützung der aerodynamischen Eigenschaften dieses auch mit Besatzung einsetzbaren Raumflugkörpers. In bemannten Raumflugkörpern ist außerdem noch eine Handsteuerung vorhanden, mit der Lage- und Bahnänderungen sowie der Landevorgang jederzeit durch die Besatzungsmitglieder ausführbar sind. Diese Handsteuerung eignet sich auch zur Durchführung von Kopplungsmanövern (z. B. „Sojus 4“ mit „Sojus 5“), sofern man nicht die von der Erde ausgelöste oder eine vorprogrammierte automatische Kopplung bevorzugt (z. B. „Kosmos 186“ mit „Kosmos 188“ und „Kosmos 212“ mit „Kosmos 213“).

8.9 Text 9 Weitere wichtige Schritte

Nach dem Ende des Apollo-Programms verließ kein Mensch mehr die unmittelbare Nähe der Erde. Schwerpunkte der bemannten Raumfahrt waren die Entwicklung von wiederverwendbaren Transportsystemen (Space Shuttle, Buran) und Raumstationen in einer Erdumlaufbahn. Die ersten Raumstationen wurden Anfang der 1970er-Jahre gestartet (1971 Saljut1 und 1973 Skylab). Im Februar 1986 startete die Sowjetunion das Basismodul der Raumstation Mir, die später weiter ausgebaut wurde und mit einer Betriebsdauer von 15 Jahren die bislang am längsten betriebene Raumstation war. Seit dem November 2000 ist die Internationale Raumstation (ISS) permanent bemannt, der weitere Ausbau der

Station wurde aber nach dem Columbia-Unglück vorläufig eingestellt und die Besatzung bis zum Jahr 2006 auf zwei Personen reduziert. Im April 1981 erfolgte mit dem US-amerikanischen Space Shuttle Columbia der erste Start einer Raumfähre. Zwei tragische Unfälle trübten die ansonsten gute Erfolgsbilanz der Shuttles: Die Zerstörung der Challenger am 28. Januar 1986 kurz nach dem Start und der Absturz der Columbia am 1. Februar 2003 bei der Landung. Nach einer Unterbrechung von zweieinhalb Jahren wurde mit dem Start der Raumfähre Discovery am 26. Juli 2005 das Shuttle-Programm wieder aufgenommen. Am 15. Oktober 2003 gelang es der Volksrepublik China mit dem Raumschiff Shenzhou5 als dritter Nation nach der Sowjetunion und den USA, mit einem eigenen Raumfahrtsystem Menschen ins All zu bringen.

8.10 Text 10 Ansturm der Mini-Flieger

Von Traufetter, Gerald

Der Markt der Ultraleichtflugzeuge boomt. Neue Lifestyle-Flieger sollen noch mehr Menschen den Traum vom Fliegen ermöglichen - doch auch die Zahl der Unfälle steigt.

Das Cockpit von Flugzeugen sieht nach Arbeit aus, nicht nach Vergnügen. Die nüchtern gehaltenen Armaturen zeigen die Flughöhe an, die Geschwindigkeit, den Öldruck oder die Positionskordinaten. Laien fühlen sich von dem unübersichtlichen Gewimmel abgeschreckt. "Sexy sind die Dinger jedenfalls nicht", findet Steen Strand. Der Designer hat deshalb jetzt zusammen mit Ingenieuren ein Flugzeug entworfen, das eine "spaßige Angelegenheit" werden soll. Das schillernde Gefährt heißt Icon A5 und wendet sich, so Strand, "an jeden, der sehnsüchtig in den Himmel schaut". Besonders stolz ist er auf das Cockpit: Das matte Silber erinnert an die Optik von Sportautos. Das Instrumentarium ist auf das Wesentliche reduziert. Die wohl komplizierteste Anzeige ist die für den

Anstellwinkel. Der Rest wurde einfach weggelassen - nicht aber der Steckplatz, an dem sich ein iPod anschließen lässt. Strand: "Dieses Cockpit demütigt keinen Anfänger." Auch sonst kommt das pummelige, nur wenige 100 Kilogramm schwere und rund 100 000 Euro teure Kleinflugzeug äußerst praktisch daher. Die Stummelflügel lassen sich einklappen, damit es auf einem Autoanhänger transportiert werden kann wie ein Motorboot. Seinen Rotor trägt es an der Rückseite der Pilotenkanzel. Bisläng gibt es im Wesentlichen zwei Typen von Hobbyfliegern: den Unternehmer, der mit seiner schweren Cessna zum Golfturnier fliegt, und den hemdsärmeligen Bastler, der an seinem preisgünstigen Ultraleichtflugzeug selbst die Schrauben anzieht. In jedem Fall ist Fliegen bis heute ein elitäres Freizeitvergnügen geblieben.

Genau das will Icon mit der A5 ändern. Das Unternehmen will einen ganz neuen Kundenkreis gewinnen: jene abenteuerlustigen Besserverdiener, denen der Kick beim Jetski- oder Offroad-Fahren nicht mehr reicht. Ihre ersten Testflüge hat die A5 hinter sich; über 300 Bestellungen liegen vor, vor allem aus den USA. Die Auslieferung beginnt Ende 2010. Auch auf der Luftfahrtschau Aero diese Woche in Friedrichshafen wollen die Icon-Manager für ihre Erfindung werben. Schon in den vergangenen Jahren ging der Trend weg von den schweren Kleinflugzeugen mit mehr als einer Tonne Startgewicht, wie der Cessna 172 oder der Piper PA 28; stattdessen gewannen Ultraleichtflugzeuge an Bedeutung - besonders in Deutschland. Mit Hightech-Materialien erschufen Firmen wie Flight Design, einer der Marktführer mit Sitz südlich von Stuttgart, fliegerische Leichtgewichte. Mittlerweile gibt es davon in Deutschland mehr als 3300. Doch neue, komfortablere Mini-Flugzeuge wie die Icon A5 könnten zu einer Konkurrenz für die Ultraleichthersteller werden. Die A5 ist sogar ein Amphibienflugzeug, das nicht nur von der Wiese, sondern auch vom Wasser aus abheben kann. Auf die Ultraleichtflieger kommt noch ein zusätzliches Problem zu: eine Sicherheitsdebatte. Das vergangene Jahr zeigt, wie gefährlich sie im Vergleich zu herkömmlichen Sportflugzeugen sind. Die Bilanz in Deutschland ist verheerend:

24 Menschen starben in den schwebenden Zwergen. "In Ultraleichtflugzeugen kamen mehr Menschen um als in den größeren Sportfliegern - obwohl es davon viel mehr Maschinen gibt", urteilt Frank Göldner, Experte bei der Bundesstelle für Flugunfalluntersuchung. Sein Amt habe in einer Untersuchung herausgefunden, dass die Selbstkontrolle der Flugverbände nicht ausreichend sei. Die Unfallzahlen des abgelaufenen Jahres seien "ein besorgniserregender Ausreißer", gibt Jo Konrad vom Deutschen Ultraleichtflugverband zu. Zu 90 Prozent hätten Fehler des Piloten zum Absturz geführt. Konrad kritisiert bei einem Teil seiner Ultraleichtflieger eine "zu legeren Handhabung" des Fluggeräts. Manche der Mini-Maschinen seien anspruchsvoller zu steuern als Sportflugzeuge. "Bei einer schweren Cessna braucht man das Seitenruder seltener, bei Ultraleichtflugzeugen wegen ihres geringeren Gewichts häufiger", warnt Konrad.

Das spielerische Image, mit dem Unternehmen wie Icon ihre Flugzeuge bewerben, könnte der Sorglosigkeit weiter Vorschub leisten. Strand verspricht, die A5 verfüge über "gutmütige Flugeigenschaften", die schon mal "einen Fehler verzeihen". Und wenn dem Freizeitkapitän ein kapitaleres Missgeschick unterlaufe, gebe es noch einen Fallschirm an Bord der A5, an dem die gesamte Maschine sicher zur Erde trudelt.

8.11 Text 11 Die neue Knausrigkeit

Von Deckstein, Dinah

Verwöhnten Vielfliegern drohen schwere Zeiten. Die First Class gilt als Auslaufmodell, die skandinavische SAS will nun sogar Billigpassagiere an Bord nehmen.

Unter den großen europäischen Fluggesellschaften galt die skandinavische Staatslinie SAS schon immer als besonders innovativ. Der teilprivatisierte Traditions-carrier, dessen eine Hälfte sich im Besitz von Schweden, Norwegen und

Dänemark befindet, führte 1952 als erste internationale Airline preisgünstige Touristenabteile ein, im Volksmund "Holzklasse" genannt. Als vor einigen Jahren namhafte Wettbewerber darüber nachdachten, die engen Sitzreihen für Freizeitreisende aufzumöbeln, um sie für Geschäftskunden attraktiver zu machen, gehörten die SAS-Manager zu den Ersten, die den Plan umsetzten und eine Premium-Economy mit mehr Komfort und größerer Beinfreiheit einbauten. Demnächst wollen die Nordlichter erneut Luftfahrtgeschichte schreiben - indem sie auch auf Kurzstrecken wieder dreiklassig fliegen. Vom kommenden Herbst an, so sickerte vergangene Woche aus Branchenkreisen durch, sollen die Jets des Lufthansa-Partners mit der altbewährten Business-Class, einer normalen Economy und einer Billig-Zone über Europa düsen.

Die Tickets der neuen Holzklasse sind nur über das Internet erhältlich, Snacks und Getränke müssen extra bezahlt werden. Mit seinen fliegenden Gemischtwarenläden will SAS-Chef Joergen Lindegaard Niedrigpreiskonkurrenten wie Ryanair und Easyjet Paroli bieten, die ihm auf seinen Stammstrecken schwer zu schaffen machen, und so endlich wieder Gewinne erwirtschaften. Der Überraschungscoup der Skandinavier könnte die behäbige Branche ähnlich verändern wie einst die Erfindung des elektronischen Tickets. Seit die Ölpreise ständig neue Höchststände erklimmen und die Kundschaft massenhaft zur Billigkonkurrenz abwandert, versuchen die Chefs der Traditionslinien hektisch, den Absturz von Preisen und Gewinnen zu stoppen. Einige von ihnen, wie Lufthansa-Boss Wolfgang Mayrhuber oder sein SAS-Kollege Lindegaard, haben eigene Niedrigpreisableger gegründet. Andere Unternehmen wie Swiss, Austrian oder Iberia bitten Passagiere mit günstigen Tickets schon länger zur Kasse, wenn sie in der Kabine etwas essen oder trinken wollen. In den Bilanzen hat die neue Knausrigkeit bislang wenig bewirkt. Schneller als die Gewinne fallen bei den meisten Fluggesellschaften nur noch die Börsenkurse. In ihrer Not schrecken die Luftfahrtstrategen deshalb auch vor dem Äußersten nicht mehr zurück - der Abschaffung der althergebrachten Klasseneinteilung auf Kurz- und

Langstreckenflügen. Jahrzehntlang galt in den Jets der Traditionscarrier eine bewährte Hackordnung, bei der sich Rang und sozialer Status des Passagiers an der Farbe der Bordkarte ablesen ließen. Vorstände und Vermögensmillionäre nahmen bei Kaviar und Champagner in der ersten Klasse Platz, erfolgreiche Aufsteiger bevölkerten den Business-Bereich. Das Fußvolk wurde im hinteren Teil der Kabine untergebracht, wo selbst das Ausstrecken der Beine Mühe macht. Anfang der neunziger Jahre beschlossen einige Airline-Chefs mutig, zumindest auf Kurzstrecken die erste Klasse abzuschaffen. Wenig später zog der US-Carrier Continental nach und riss auch auf Interkontinentalrouten die Plüschabteile heraus. Was in anderen Branchen längst Stand der Technik ist, wird in der Luftfahrt nun als mittlere Revolution gefeiert: die Anpassung des Angebots an die geschrumpften Budgets ihrer Kunden.

Von den großen europäischen Airlines bietet inzwischen nur noch British Airways auf allen Langstreckenverbindungen die Edelsessel an. Konkurrenten wie Air France offerieren die VIP-Abteile nur noch auf gut einem Viertel ihrer Strecken, darunter stark frequentierten Routen von Paris nach New York oder Los Angeles. Auch die Lufthansa verzichtet neuerdings auf ausgewählten Verbindungen wie von Frankfurt nach Buenos Aires oder Vancouver auf ihre etwas angejahrten First-Class-Fauteuils und setzt stattdessen ihre neuen Business-Sessel ein. Die Begeisterung der verwöhnten Kundschaft hielt sich zunächst allerdings in Grenzen. Damit sich die Hightech-Ungetüme überhaupt verstellen ließen, mussten Hilfstechner mitfliegen, die im Notfall immer wieder Hand anlegten. Auch das Bordunterhaltungsprogramm sorgte für Verdruss, weil die Software nicht funktionierte. Andere renommierte Fluglinien wie Austrian, SAS, Alitalia oder die Finnair haben die First Class auf Langstrecken inzwischen komplett eingemottet. Einige von ihnen bieten auf ausgewählten Routen stattdessen komfortablere Economy-Reihen, damit Geschäftsreisende gegen einen entsprechenden Aufpreis etwas mehr Komfort genießen können. Bis vor kurzem sah es so aus, als bliebe beim Innendesign kleinerer Maschinen alles beim Alten.

Durch die Offensive der Skandinavier könnte sich das nun bald ändern. Damit die Mutation des Linienfliegers SAS zum Billiganbieter auch finanziell ein Erfolg wird, müssen die kreativen Konzernbosse allerdings noch ein gravierendes Problem in den Griff bekommen: ihre viel zu hohen Kosten. Bis ein Tarifabschluss für ihre rund 30 000 Mitarbeiter unter Dach und Fach ist, müssen die Manager der Dreiländer-Gesellschaft mit 39 Gewerkschaften verhandeln.

8.12 Text 12 Orkan hinterm Heck

Von Jaeger, Ulrich und Traufetter, Gerald

In dieser Woche wird der Super-Airbus A380 offiziell vorgestellt. Die Ingenieure fiebern dem Jungfernflug entgegen. Ende März wird sich zeigen, ob ihre Simulationen stimmen.

Nichts wird an jenem Frühjahrstag dem Zufall überlassen sein. Wenn das Flugzeug mit der Werksnummer MSN001 in Toulouse zum Jungfernflug startet, wird jeder Handgriff in einer Checkliste penibel festgeschrieben sein. Unter anderem die Geschwindigkeit. Auf 648 Kilometer pro Stunde wird Testpilot Claude Lelaie den Airbus A380 über dem Atlantik vor Bordeaux beschleunigen. Dann wird er den Schub des größten Passagierflugzeugs der Welt zurücknehmen. "Wir kontrollieren, ob es sich normal verhält", sagt der Franzose, "dann erhöhen wir auf Maximalgeschwindigkeit." Kein Experte geht von einem Absturz aus, und trotzdem ist auch für diesen Fall vorgesorgt. Zur technischen Choreografie der Testflüge gehört auch ein Notplan zum Verlassen des Riesenvogels. Dafür gibt es eigens eine Rutsche, auf der die Mannschaft möglichst schnell über den Frachtraum aus dem Flugzeug gelangen kann. Fallschirme brauchen die sechs Insassen im Ernstfall nicht mehr überzustreifen. Die tragen sie sicherheitshalber schon vom Start an. Wenn an diesem Dienstag die Regierungschefs von Frankreich, Großbritannien, Spanien und Deutschland das pompöse "Roll out", die

Erstvorstellung des A380, zelebrieren, schauen viele Airbus-Techniker nur kurz von ihrer Arbeit auf. Sie stehen unter enormem Druck, den Countdown bis zum Erstflug einzuhalten. Selbstbewusst verkündete ihr Chef, Airbus-Vorstandsvorsitzender Noël Forgeard, noch im ersten Quartal mit dem neuen König der Lüfte abzuheben. Diese Frist, so schätzen Eingeweihte, werde man wohl bis zum Letzten ausschöpfen. Starttermin könnte der 31. März sein, damit der Vorstandsvorsitzende sein Wort halten kann. Wenn die Strahltriebwerke das Fluggerät langsam in die Luft schieben, werden Instrumente über 6000 Messwerte im Leib des gigantischen Flugzeugs registrieren. Videokameras überwachen jede Bewegung des Fahrwerks. Mit an Bord ist dann auch der deutsche Triebwerksspezialist Manfred Birnfeld, der die Funktion der Turbinen überwachen wird. Millionen von potentiellen A380-Passagieren werden die Fernsehbilder verfolgen. Genauer aber werden die Verantwortlichen der Airlines hinschauen, etwa Joachim Schneider von der Lufthansa. Gut vier Milliarden Euro muss sein Unternehmen gemäß Listenpreis für 15 der Maschinen im Etat bereitstellen. Schneider ist "Teamleiter A380" und muss seinem Vorstand nach Ablauf der Testphase empfehlen, den Kauf der Maschinen zum endgültigen Abschluss zu bringen. Denn in der Branche sind Rücktrittsklauseln üblich, die bei gravierenden Mängeln wie etwa einem zu hohen Kerosinverbrauch und Zeitverzögerungen das Geschäft noch platzen lassen können. Wird der A380 auch zuverlässig genug sein, oder steht er wegen Kinderkrankheiten zu häufig in der Werkstatt? "Wir sind sehr optimistisch", sagt Schneider, der aber erfahren genug ist, vorsichtig hinzuzufügen: "Überraschungen gibt es da immer." Die Lufthansa-Techniker sind äußerst bedächtige Zeitgenossen: Als Boeing damals seine 747-400 auslieferte, da flogen die Langstreckenmaschinen die ersten Wochen nur innerdeutsch - um nicht zu weit weg von der eigenen Reparaturwerft zu sein. "Wir denken natürlich auch beim A380 über eine solche für uns sehr kostspielige Maßnahme nach", sagt Schneider. Entscheidend werde sein, welche "Performance" der Flieger in den nächsten Monaten am Himmel zeigt. Genau hinschauen werden am Tag des Erstaufstiegs auch die Experten der Rückversicherungen, etwa Ferdinando Martino von der

Swiss Re aus Zürich. Zwei Milliarden Euro ist üblicherweise die Haftungsgrenze für Flugzeuge. Beim A380 wird sie wohl auf 2,5 bis 3 Milliarden Euro angehoben. Das umschließt Zahlungen für die 555 Passagiere oder deren Hinterbliebene sowie Schäden, die ein abstürzendes Flugzeug mit seinen bis zu 310 000 Litern Kerosin verursacht. Martino und seine Mathematiker müssen nun kalkulieren, wie hoch die Versicherungsprämie bei einer derartigen Schadenssumme angesetzt werden sollte. Alle Erkenntnisse aus den Tests werden es dem Assekuranz-Spezialisten erlauben, ein genaueres Bild über das Risikopotential dieses neuen Flugzeugtyps zu erlangen. "Der A380 ist einzigartig, es gibt bislang kein direkt vergleichbares Flugzeug auf der Welt."

Damit spielt der Schweizer auf ein Phänomen an, das Risikoforscher nüchtern als "Lernkurve" bezeichnen. Sie beschreibt die Stör- und Unfallanfälligkeit technischer Maschinen. Diese ist während der Test- und Markteinführung grundsätzlich höher. Erst wenn ein Produkt länger in Gebrauch ist, wird die Anzahl der Probleme geringer. "Bei einem Flugzeug, das seit mehreren Jahrzehnten fliegt, ist schon alles einmal schief gegangen, was überhaupt schief gehen kann", erklärt Gordon Woo von Risk Management Solutions in London. Der Mathematiker hat das für ältere Flugzeugtypen nachgewiesen und ist überzeugt, dass der A380 keine Ausnahme darstellt. Es muss kein Unfall sein. "Die sind sowieso nur die Spitze des Eisbergs", so Woo. Es gibt ja auch die große Zahl kleinerer, eigentlich harmloser Störfälle, die sich nur in den streng vertraulichen Statistiken der Airlines finden. Schwerwiegendere Fälle müssen den Flugaufsichtsbehörden gemeldet werden. "Versicherungen und Öffentlichkeit kommen an die Daten nur schwer oder gar nicht", sagt Woo. Auch beherrschbar geglaubte Dinge können schief gehen. So mussten die Ingenieure der in den siebziger Jahren neu auf den Markt gekommenen DC-10 eingestehen, dass eine Frachttür zu schlecht gesichert war. Schon bald nach Einführung zerbarst eine Verriegelung, die Maschine konnte mit Mühe landen. Daraufhin sollte das Teil bei allen Maschinen verändert werden. Ehe das 1974 bei einer DC-10 der Turkish

Airlines passierte, flog über Paris die Frachttür zur Erde. 346 Menschen starben beim Absturz. Noch vor wenigen Jahren erwischte es die Experten eiskalt. Ein neues Computersystem zur Flugüberwachung sollte zu 99,99 Prozent zuverlässig sein. Es fiel dann aber doch recht schnell nach Einführung aus, am 28. Februar um 23:59 Uhr. Das Programm kannte keine Schaltjahre. Um solche Überraschungen zu vermeiden, setzen die Luftfahrt-Ingenieure alles daran, Komplikationen während der Testphase zu erkennen. "Die wollen die Lernkurve weitestgehend im Griff haben, ehe der erste Passagier einsteigt", erklärt Woo. Der Aufwand für die Airbus-Konstrukteure ist riesig. In einer Halle in Dresden dehnen, quetschen und stauchen 190 Hydraulikzylinder unerbittlich ein komplettes A380-Modell. Zwei Jahre werden sie das tun; sie simulieren so im Zeitraffer den Stress eines 25-jährigen Flugzeuglebens.

Parallel dazu steht ein weiteres Test-Exemplar in Toulouse. Dort wird so lange an ihm gezerrt, bis es bricht - und zwar hoffentlich so, wie es die Aeronautiker ausgerechnet haben. Andernfalls heißt es für die Ingenieure: Nachsitzen. Denn schon kleinste Probleme dürften Airlines und Versicherer aufhorchen lassen; eine deutliche Abweichung zwischen Simulation und Wirklichkeit könnte gar dazu führen, dass die Prüfer der Luftfahrtbehörden die Zulassung verweigern. Niemand bei Airbus redet gern darüber. Lieber zeigt man den Medien, mit welcher Sorgfalt selbst das Toilettensystem auf reibungslosen Betrieb getestet wird; aufgeweichte Hundekuchen dienen dabei als Exkrementersatz. Trotzdem wissen die Airbus-Konstrukteure: In den nächsten Monaten müssen sie auch auf Rückschläge bei den relevanten Teilen gefasst sein. Das liegt vor allem an der Größe des neuen Fluggeräts. "Da stoßen sie in neue physikalische Dimensionen vor", erklärt Horst Baier, Luftfahrt-Professor an der Technischen Universität München. Durch die schiere Größe des Superjumbos sei es "nicht möglich gewesen, auch nur bei einem Teil der Struktur" auf vorhandene Bauteile zurückzugreifen, sagt auch Robert Lafontan, Airbus-Chefingenieur in Toulouse. Exemplarisch zeigt sich das an den gewaltigen Schwingen des

metallenen Vogels. Auf ihrer Fläche von 845 Quadratmetern ließen sich bequem sechs Eigenheime unterbringen. "Je größer aber die Flügel, desto niedrigerfrequenter sind die Schwingungen", erklärt Baier. Gerade solche Schwingungen entwickeln enorme Kräfte. Sie können sich, ähnlich wie bei Soldaten, die im Gleichschritt über eine Brücke marschieren, mit verheerenden Folgen aufschaukeln. Schon in der Entwicklungsphase erwiesen sich derartige Schwingungseffekte als besonders tückisch. Um die gewaltige Fahrgastzelle zu schützen, mussten die einzelnen Strukturelemente äußerst raffiniert zusammengefügt werden. "Wir haben Alpträume durchlitten", berichtet ein Airbus-Ingenieur. Ob alles geklappt hat, wird Testpilot Lelaie als Erster wissen.

Sicherheitshalber haben die Erbauer auf maximale Stabilität bei der Aufhängung der Tragflächen am Rumpf gesetzt. 3,50 Meter Dicke messe der Flügel an jener Stelle, wo er am Rumpf sitzt, rechnet Baier vor. Das seien etwa dreimal mehr als bei der Boeing 747. "Es ist eben nicht einfach damit getan, die Striche auf dem Konstruktionsplan ein wenig länger zu ziehen", sagt Baier. "Wenn ich ein Teil doppelt so groß mache, dann wachsen die Kräfte häufig um das Vierfache." Die Größe der Flügel könnte sich aus noch einem anderen Grund als Handicap erweisen: Sie produzieren im Schweif des Flugzeugs heftige Turbulenzen. Die sogenannte Wirbelschlepe wird erst im Freiluftversuch grob zu messen sein. Doch schon bisherige Berechnungen lassen neue Dimensionen erahnen. Einen unfreiwilligen Einblick in ihre Geschäftsgeheimnisse musste Airbus wegen der umstrittenen Verlängerung der Startbahn an ihrem Werk in Hamburg geben. In der Schneise steht malerisch die St. Pankratius-Kirche, deshalb sollte ein Gutachten die Auswirkungen der Wirbelschlepe auf das Dach des Gotteshauses prüfen. Darin erwarten die Experten Winde, "die im ungünstigsten Fall kurzzeitig Spitzengeschwindigkeiten bis Orkanstärke" erreichen. Der Unterschied zu anderen Airbus-Typen liege vor allem "in der deutlich größeren Ausbreitung und Lebensdauer der Wirbelschlepe". Dies ist nicht nur für den Dachstuhl von St. Pankratius eine Belastung. Die Wirbel können auch nachfolgende Jets in gefährliche Turbulenzen stürzen. Je hartnäckiger die Wirbel,

desto länger müssen andere Jets auf der Startbahn warten - und das wiederum erhöht die den Luftlinien in Rechnung gestellten Flughafengebühren. Gegen die gefährlichen Wirbel helfen aerodynamische Kniffe im Design. Um die überbordenden Kräfte zu bändigen, waren Verstärkungen nötig, und die machten den A380 schwerer und schwerer. Schon Ende 2003 wiesen interne Papiere der Entwicklungsabteilungen das operative Leergewicht mit 290 Tonnen aus; das waren 14 Tonnen mehr als eigentlich geplant. Seither ist es den Airbus-Leuten gelungen, ihr "Baby" abzuspecken. "Mittlerweile liegt das Gewicht nur noch fünf Tonnen über dem geplanten Wert", sagt Lufthansa-Beauftragter Schneider. Das ist vor allem dem Einsatz leichter Kohlefaserteile zu verdanken.

"Aber mehr ist wohl nicht mehr möglich", sagt Schneider mit leichtem Bedauern. Ob der A380 dann immer noch, wie von manchen behauptet, ein "fliegendes Sparschwein" sein wird, zeigt sich erst am Tankwagen. Als Faustregel gilt, das ein einziges Kilogramm Mehrgewicht jährlich rund hundert Euro mehr kostet - fünf Tonnen bedeuten also etwa eine halbe Million Euro mehr pro Maschine. Airbus jedenfalls behauptet auch jetzt noch steif und fest, dass das Flugzeug pro Passagier und 100 Kilometer nicht mehr als 2,9 Liter verbrauchen wird. Ob es das trotz Übergewicht schafft, darüber herrschen unter Luftfahrtexperten Zweifel. Immer wieder lagen im Kampf gegen die Pfunde Rentabilitätsstreben im Widerstreit mit Sicherheitsbedenken. Denn neue Verbundwerkstoffe bergen Risiken. Kohlefaser etwa lässt sich im Vergleich zu Metall nur schlecht auf Risse untersuchen. Im Zweifel musste sich Airbus für die Sicherheit entscheiden. Wenn ein A380 abstürzen sollte, dann wollen nicht die Techniker Schuld an der Katastrophe sein.

9 Grammaticische Kommentare

1 Страдательный залог (Passiv)

Пассив обозначает действие, направленное на подлежащее, таким образом, подлежащее в пассиве является не исполнителем, а объектом действия.

Пассив образуется от переходных глаголов при помощи вспомогательного глагола в соответствующей временной форме и **партиципа II** основного глагола.

Пассив = werden + Partizip II

Образование временных форм пассива

Для образования временных форм пассива вспомогательный глагол **werden** употребляется в соответствующей временной форме. Обратите внимание, что для образования **перфекта** и **плюсквамперфекта** пассива вместо формы партиципа II глагола werden (geworden) употребляется форма **worden**.

Präsens:	Das Rückstoßprinzip wird zum Antrieb des Rotors ausgenutzt .	Принцип отдачи используется для приведения в действие несущего винта.
Präteritum:	Das Rückstoßprinzip wurde zum Antrieb des Rotors ausgenutzt .	Принцип отдачи использовался для приведения в действие несущего винта.
Perfekt:	Das Rückstoßprinzip ist zum Antrieb des Rotors ausgenutzt worden .	Принцип отдачи был использован для приведения в действие несущего винта.
Plusquamperfekt:	Das Rückstoßprinzip war	Принцип отдачи был

	zum Antrieb des Rotors ausgenutzt worden.	использован для приведения в действие несущего винта.
Futur I:	Das Rückstoßprinzip wird zum Antrieb des Rotors ausgenutzt werden.	Принцип отдачи будет использован для приведения в действие несущего винта.

Употребление пассива и перевод на русский язык

Пассив употребляется, чтобы направить основное внимание на само действие и на его объект (подлежащее), при этом исполнитель действия часто вообще не называется (так называемый "двухчленный пассив"):

Hier wird ein neues Theater gebaut.	Здесь строится новый театр.
Die Kölner Universität wurde 1388 gegründet.	Кельнский университет был основан в 1388 году.

При необходимости исполнитель действия в пассиве вводится в качестве дополнения с предлогом **von** или **durch** (трехчленный пассив):

1) **von** чаще используется, если исполнитель действия - одушевленное лицо, от которого исходит действие (реже - неодушевленное существительное, обозначающее чувство, настроение или природную силу);

2) **durch** используется с неодушевленными существительными (реже - для обозначения одушевленных лиц в качестве посредников действия).

Köln wurde von den Römern gegründet.	Кельн был основан римлянами.
Er wurde von tiefer Trauer ergriffen.	Его охватила глубокая печаль.
Die Stadt wurde vom Erdbeben	Город был разрушен землетрясением.

zerstört.

Er wurde **durch ein Geschrei** im Garten
erweckt. Его разбудил крик в саду.

Der Auftrag des Chefs wurde **durch die**
Sekretärin übermittelt. Поручение начальника было передано
через секретаршу.

На русский язык пассив переводится глаголами с частицей **-ся** (строиться, определяться, передаваться - при обозначении незавершенного процесса) или сложной формой страдательного залога (быть построенным, быть прочитанным - при обозначении завершенного действия).

Употребление и перевод инфинитива пассива

Инфинитив пассива (Infinitiv I Passiv) образуется из партиципа II основного глагола и инфинитива I глагола werden: **gelesen werden, besucht gelesen** и т.д.

Инфинитив пассива = партицип II + werden

Инфинитив пассива употребляется преимущественно в сочетании с модальными глаголами, например:

Dieser Text **kann** ohne Wörterbuch
übersetzt werden. Этот текст может быть переведен (можно перевести) без словаря.

Dieser Fehler **sollte verbessert**
werden. Эту ошибку надо было исправить.

2 Образование причастий

Partizip I

Партицип I образуется добавлением суффикса **-d** к инфинитиву глагола:

Partizip II

Партицип II образуется добавлением к основе глагола приставки **ge-** и

lesend, spielend, kommend

суффикса **-(e)t** у слабых глаголов или приставки **ge-**, суффикса **-(e)n** и изменения корневой гласной у сильных глаголов:

**gemacht, gespielt, gedeckt
gekommen, gelesen,
aufgeschrieben**

(Более подробно об образовании партиципа II см. "Основные формы глаголов")

Глагольные свойства партиципа I: Глагольные свойства партиципа II:

время: предшествование действию, выраженному сказуемым

залог:

время: одновременность с действием, выраженным сказуемым

залог: действительный (Aktiv)

партицип II **переходных**

глаголов имеет страдательное значение (Passiv)

партицип II **непереходных**

глаголов имеет действительное значение (Aktiv)

Употребление причастий в качестве определения

Партицип I и партицип II, употребляемые в качестве определения к существительному, склоняются как прилагательные, то есть, с добавлением окончаний в зависимости от артикля:

der **lesende** Student, ein **lesender** Student, **spielende** Kinder; das **gelesene** Buch

Partizip I

Причастие I выражает одновременность с действием

Am Fenster sitzt У окна сидит
ein **lesender** **читающий** студент.

сказуемого и переводится на русский Student.

язык **действительным причастием настоящего времени** (с суффиксами -ущ, -ющ, -ащ, -ящ).

При сказуемом, выраженном глаголом

в прошедшем времени, возможен	Am Fenster saß	У окна сидел
перевод партиципа I действительным причастием прошедшего времени (с суффиксами -вш, -ш):	ein lesender Student.	читающий (читавший) студент.

Partizip II

Причастие II выражает предшествование действию, выраженному сказуемым.

Партицип II **переходных** глаголов

переводится страдательным причастием прошедшего времени:	das gelesene Buch	прочитанная книга
---	--------------------------	--------------------------

Партицип II **непереходных** глаголов

переводится действительным причастием прошедшего времени:	der angekommene Zug	прибывший поезд
--	----------------------------	------------------------

3 Распространенное причастное определение

Распространенное причастное определение стоит между артиклем и существительным, причем второстепенные члены предшествуют причастию. На русский язык такое определение переводится причастным оборотом, стоящим до или после определяемого существительного. Перевод распространенного причастного определения начинается с причастия, затем переводятся все слова слева направо от артикля до причастия:

das weinende Kind	плачущий ребенок
--------------------------	-------------------------

das laut **weinende** Kind

громко **плачущий** ребенок

der **geschriebene** Brief

написанное письмо

der von mir **geschriebene** Brief

написанное мной письмо (письмо,
написанное мной,)

der von mir gestern **geschriebene** Brief

написанное мной вчера письмо
(письмо, написанное мной вчера,)

Кроме распространенного причастного определения существительное может иметь при себе и другие определения. В этом случае сначала переводится существительное со всеми этими определениями, и в последнюю очередь переводится распространенное причастное определение:

	3	2	1	4
Der	vor kurzem in der Zeitschrift	veröffentlichte	wissenschaftliche Beitrag unserer Kollegen aus Kiev	hat großes Interesse erweckt.

Научная **статья** наших коллег из Киева, **опубликованная** недавно в журнале, вызвала большой интерес.

10 СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Berger, Rolf. Flugzeuge [Текст] / Rolf Berger. – Komet Verlag, 2011. – 256 S. - На нем. яз. – ISBN 978-3-86941-067-8.

2 Andrup, Norbert. Airbus Von der 300 bis zur 380 und 350 [Текст] / Norbert Andrup. – Motorbuchverlag, 2011. – 149 S. - На нем. яз. – ISBN 978-3-61303-330-6.

3 Figgen, Achim. Verkehrsflugzeuge [Текст] / Achim Figgen, Brigitte Rotfischer, Dietmar Plath. – Geramond Verlag, 2011. – 189 S. - На нем. яз. - ISBN 978-3-86245-311-5.

4 Krüger, Ulrich. Geschichte des Metall-Flugzeugbaus [Текст] / Ulrich Krüger. – Düsseldorf: DVS-Verlag, 2008. – 250 S. - На нем. яз. – ISBN 978-3-87155-981-5.

5 Alisch, Tatjana. Geschichte der Raumfahrt [Текст] / Tatjana Alisch. – Compact Verlag, 2009. – 128 S. - На нем. яз. – ISBN 978-3-81746-693-1.

6 Graham, Ian. Raumfahrt [Текст] / Ian Graham. - Kessel: Dorling Kindersley Verlag, 2008. – 96 S. - На нем. яз. – ISBN 978-3-83101-288-6.

7 Strohmeier, Heimo. Kunststofftechnik [Текст] / Heimo Strohmeier. – Vdm Verlag Dr. Müller, 2008. – 92 S. - На нем. яз. – ISBN 978-3-63906-284-7.

8 Polte, Hans-Joachim. Hubschrauber Geschichte und Einsatz [Текст] / Hans-Joachim Polte. – 5. Aufl. – Verlag Mittler&Sohn, 2011. – 328 S. - На нем. яз. – ISBN 978-3-8132-0924-2.

9 Neipp, Volker. Mit Schrauben und Bolzen auf den Mond [Текст] / Volker Neipp. – 1. Aufl. – Trossinger: Springer-Verlag, 2008. – 256 S. - На нем. – ISBN 978-3-98026-757-1.

10 Internetportal. - Url: http://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Raumfahrt Kategorien: Raumfahrt | Technikgeschichte.

11 Internetportal. - Url: <http://de.wikipedia.org/wiki/Rakete> Kategorien: Rakete | Technikgeschichte.