

FORM 12-59 1a-2

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY

This material contains information affecting the National Defense of the United States within the meaning of the Espionage Laws, Title 18, U.S.C. Secs. 793 and 794, the transmission or revelation of which in any manner to an unauthorized person is prohibited by law.

CONFIDENTIAL

# 93

COUNTRY East Germany

REPORT

SUBJECT Helicopters: Development, Use and Prospects

DATE DISTR. 12 April 50X1-HUM

NO. PAGES 1

REFERENCES RD

DATE OF INFO.

PLACE & DATE ACQ.

THIS IS UNEVALUATED INFORMATION SOURCE

50X1-HUM

Attached for your information is a book published by TRANSRESS, VEB  
Verlag fuer Verkehrswesen Berlin titled Der Hubschrauber by Dipl. Ing. oec.  
Horst Uhrig. (1 book in German)

Comment: The Attachment is unclassified when detached. 50X1-HUM

5  
4  
3  
2  
1

CONFIDENTIAL

5  
4  
3

STATE	ARMY	NAVY	AIR	NSA	FBI				
-------	------	------	-----	-----	-----	--	--	--	--

(Note: Washington distribution indicated by "X"; Field distribution by "#")

INFORMATION REPORT INFORMATION REPORT

HORST UHRIG

50X1-HUM



H. UHRIG DER HUBSCHRAUBER

# Der Hubschrauber

TRANSPRESS VEB Verlag für Verkehrswesen



Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/11/18 : CIA-RDP80T00246A062600400001-2

UHRIG · DER HUBSCHRAUBER

Declassified in Part - Sanitized Copy Approved for Release 2011/11/18 : CIA-RDP80T00246A062600400001-2

Dipl. Ing. oec. Horst Uhrig

# Der Hubschrauber

- **Entwicklungsstand**
- **Einsatzmöglichkeiten**
- **Perspektiven**



TRANSPRESS VEB Verlag für Verkehrswesen Berlin

TRANSPRESS VEB Verlag für Verkehrswesen, Berlin W 8, Französische Straße 13/14  
Manuskript abgeschlossen am 31. Dezember 1960  
1961 veröffentlicht – Lizenz-Nr. VLN 162 – Druckgenehmigungs-Nr. 925/65/61 –  
Druckgenehmigung für Karte: Mdl der DDR, Nr. 6813  
Alle Rechte vorbehalten  
Verlagslektor: Dipl.-Ing. oec. Alfred Förster  
Einbandentwurf: Günter Nitzsche, Berlin  
Fotos: Archiv Deutsche Flugtechnik, Berlin; Archiv des Verfassers;  
Zentrales Haus der DSF, Berlin; Zentralbild, Berlin; Werkfotos  
Satz und Druck: Löbauer Druckhaus, Löbau, Brücknerring 2 \ III/19/1 3075 1457  
Preis: 9,50 DM

## *Inhalt*

Vorwort . . . . .	6
Bedeutung des Hubschraubers und seine Stellung unter den Luftfahrzeugen . . . . .	7
Geschichtliche Entwicklung des Hubschraubers . . . . .	10
Konstruktionsmerkmale, Flugeigenschaften und Wirtschaftlichkeit des Hubschraubers . . . . .	20
Hubschrauberbauarten . . . . .	20
Größe der Hubschrauber . . . . .	25
Antriebsarten und Triebwerke der Hubschrauber . . . . .	32
Flugeigenschaften des Hubschraubers und Probleme der Flugtechnik . . . . .	38
Wirtschaftlichkeit des Hubschraubers . . . . .	49
Andere Senkrechtstartflugzeuge . . . . .	61
Tragschrauber . . . . .	61
Flugschrauber . . . . .	63
Verbundflugzeuge (Kombinationsflugschrauber) . . . . .	63
Wandelflugzeuge . . . . .	65
Sonstige Senkrechtstart-Projekte . . . . .	68
Kurzstartflugzeuge . . . . .	69
Zusammenfassung . . . . .	70
Hubschrauber als Arbeits- oder Rettungsgerät . . . . .	71
Hubschrauber im Sanitäts- und Rettungsdienst . . . . .	71
Hubschrauber in der Land- und Forstwirtschaft . . . . .	76
Hubschrauber als „fliegender Kran“ . . . . .	82
Sonstige Einsatzmöglichkeiten des Hubschraubers . . . . .	89
Hubschrauber als Verkehrsmittel . . . . .	94
Einsatzbereiche des Hubschraubers . . . . .	97
Technisch-betriebliche Probleme beim Einsatz des Hubschraubers als Verkehrsmittel . . . . .	101
Überblick über den Hubschrauberverkehr im Ausland . . . . .	113
Einsatzmöglichkeiten von Hubschraubern im Luftverkehr der DDR . . . . .	126
Literatur . . . . .	138
Anlage . . . . .	141

## Vorwort

Der Hubschrauber ist in den letzten Jahren auch in der Deutschen Demokratischen Republik – vor allem durch seinen Einsatz bei der Deutschen Lufthansa – als das Luftfahrzeug bekannt geworden, das vielseitig verwendet werden kann.

In unserer Republik ist aber nur wenig Literatur über den Hubschrauber erschienen, so daß die Besonderheiten und die Vielzahl der Probleme, die mit diesem neuartigen Fluggerät verbunden sind, noch nicht genügend bekannt sind. Über viele Fragen in fliegerisch-technischer Hinsicht und vor allem auch über die Einsatzmöglichkeiten des Hubschraubers als Verkehrsmittel bestehen noch Unklarheiten und falsche Vorstellungen.

Mit dem vorliegenden Buch wird deshalb versucht, einige Probleme des Hubschraubers zusammengefaßt in allgemeinverständlicher Form darzustellen und einem weiten Kreis von Interessenten nahezubringen.

Der Inhalt dieses Buches gliedert sich in drei Teile. Im ersten Hauptabschnitt wird der Entwicklungsstand des Hubschraubers in technisch-ökonomischer Hinsicht besprochen. Dabei wird auch auf die anderen Senkrechtstartflugzeuge mit eingegangen. Im zweiten Teil werden die hauptsächlichlichen Einsatzbereiche des Arbeits- und Rettungshubschraubers behandelt. Der letzte Abschnitt befaßt sich mit der Verwendung des Hubschraubers als Verkehrsmittel, wobei auch die Einsatzmöglichkeiten des Hubschraubers im Luftverkehr der DDR kurz untersucht werden.

Im Rahmen dieser Arbeit war es nicht möglich, alle Fragen, die im Zusammenhang mit der Entwicklung und dem Einsatz von Hubschraubern stehen, ausführlich zu behandeln. Das ist auch nicht beabsichtigt. Aufgabe dieses Buches soll nur sein, die wichtigsten Probleme zu erörtern und die Verwendungsmöglichkeiten des Hubschraubers möglichst real einzuschätzen.

Wenn diese Veröffentlichung zum Nachdenken über den Einsatz des Hubschraubers in der DDR anregt, so ist der Zweck erreicht.

Horst Uhrig

## *Bedeutung des Hubschraubers und seine Stellung unter den Luftfahrzeugen*

Der Hubschrauber ist ein außergewöhnliches Fluggerät, das sich einen festen Platz in der modernen Luftfahrt gesichert hat und dessen Bedeutung ständig zunimmt. In vielen Ländern – besonders in der Sowjetunion – wird der Weiterentwicklung des Hubschraubers große Aufmerksamkeit gewidmet.

Daß dieses neuartige Fluggerät in einer so verhältnismäßig kurzen Zeit eine weite Verbreitung gefunden hat, ist in erster Linie auf die völlig anderen Flugeigenschaften gegenüber denen des herkömmlichen Starrflügelflugzeugs zurückzuführen. Da der Hubschrauber senkrecht starten und landen kann, sind für seinen Einsatz keine langen Betonpisten erforderlich.

Besonders wertvoll ist aber der Hubschrauber dadurch, daß er in der Luft „stehenbleiben“ kann. Die Schwebeflugeigenschaft des Hubschraubers ist einmalig. Die Schwebefähigkeit ist insofern etwas Besonderes, als von den vielen tausend Vogelarten, die ja die Vorbilder unserer Flugzeuge sind, auch nur wenige in der Luft schweben können.

Der Hubschrauber beherrscht auch sämtliche Geschwindigkeiten von Null bis zur Höchstgeschwindigkeit. Er kann auch rückwärts oder seitwärts fliegen. Der Hubschrauber wird deshalb mit Recht als „manövrierfähigste“ Fortbewegungsmittel bezeichnet.

Die besondere Bedeutung des Hubschraubers liegt darin, daß er sich nicht nur als Verkehrsmittel eignet, sondern auch für eine Vielzahl anderer Aufgaben herangezogen werden kann.

Es muß jedoch gleich am Anfang betont werden: auch der Hubschrauber hat seine Grenzen. Der Hubschrauber ist zwar ein kleines technisches „Wunder“, andererseits ist er aber auch ein Sorgenkind, denn seine zahlreichen Vorteile sind mit einer ganzen Reihe negativer Eigenschaften verbunden. Das „Für und Wider“ liegt beim Hubschrauber dicht beisammen.

Es ist wichtig, das gleich von vornherein klarzustellen, denn oft werden beim Hubschrauber nur die besonderen Fähigkeiten und die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten gesehen, nicht aber seine Nachteile. Es bestehen oft falsche Vorstellungen über dieses Luftfahrzeug. Insbesondere die Möglichkeiten und die Voraussetzungen für den Einsatz des Hubschraubers als Verkehrsmittel werden meist viel zu optimistisch eingeschätzt.

Als „ideales“ Verkehrsmittel, für das er oft angesehen wird, ist er noch zu teuer, denn der Einsatz des Hubschraubers ist mit hohen Betriebskosten verbunden. Darauf wird noch näher eingegangen.

Das normale Flugzeug besitzt starre Tragflächen zur Auftriebserzeugung und Luftschrauben bzw. Strahltriebwerke für die Vorwärtsbewegung. Der Hubschrauber hat jedoch über dem Rumpf ein oder mehrere Drehflügel, die sowohl den Auftrieb als auch den Vortrieb liefern.

Durch die Umlaufbewegungen „schrauben“ sich die Drehflügel gewissermaßen in die Luft, so daß eine „Hub“-kraft nach oben entsteht. Diese Tatsache gab dem Hubschrauber den Namen (englische Bezeichnung „Helicopter“, aus den griechischen Wörtern *helix* (Schraube) und *pteron* (Flügel)).

Das charakteristische Merkmal des Hubschraubers ist also der große nach oben gerichtete Tragpropeller, der Drehflügel oder Rotor genannt wird. Der Hubschrauber gehört deshalb auch zur Familie der Drehflügler oder Rotorflugzeuge.

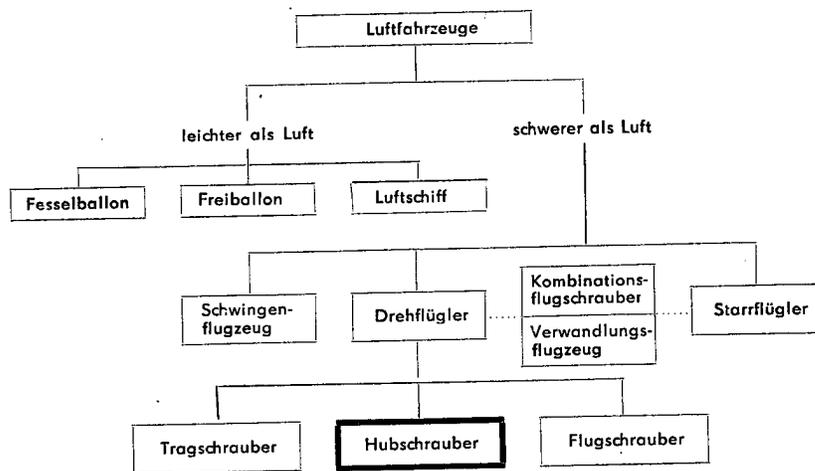


Abb. 1 Die Stellung des Hubschraubers unter den Luftfahrzeugen

Neben dem Hubschrauber sind auch die Tragschrauber und die Flugschrauber „reine“ Drehflügelflugzeuge.

Der Tragschrauber (Abbildung 2) hat auch an Stelle der festen Tragfläche einen Drehflügel. Zum Unterschied vom Hubschrauber wird aber der Rotor des Tragschraubers während des Fluges nicht motorisch angetrieben, sondern durch den Flugwind in Umdrehung gehalten (Autorotation). Weil der Rotor sich frei im Fahrtwind dreht, bezeichnet man den Tragschrauber auch als „Windmühlenflugzeug“. Zur Vortriebserzeugung ist der Tragschrauber zusätzlich mit einer normalen Luftschraube ausgestattet.

Das dritte Flugzeug der Drehflügler-Kategorie, der Flugschrauber, ähnelt äußerlich stark dem Tragschrauber. Er besitzt also auch Propeller und Dreh-

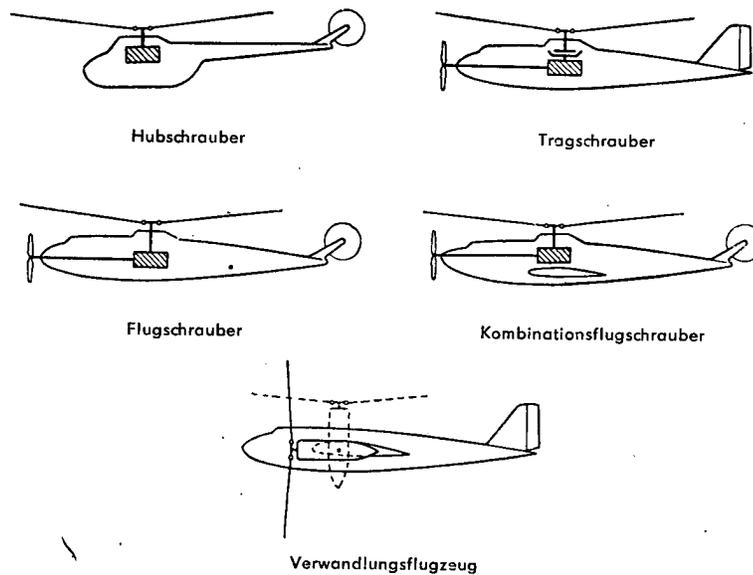


Abb. 2 Die verschiedenen Arten von Drehflügel-Flugzeugen

flügel. Im Gegensatz zum Windmühlenflugzeug wird aber beim Flugschrauber nicht nur die Luftschaube, sondern auch der Rotor motorisch angetrieben. Man könnte den Flugschrauber deshalb als einen Hubschrauber bezeichnen, der mit einem zusätzlichen Propeller versehen ist.

Zur Gruppe der Rotorflugzeuge werden manchmal auch die „Kombinationsflugschrauber“ und die „Verwandlungsflugzeuge“ gezählt. Diese Luftfahrzeuge sind jedoch keine „echten“ Drehflügler, weil sie sowohl feste Tragflächen als auch Rotoren besitzen. Diese Flugzeuge stellen also eine Kombination von Drehflüglern und Starrflüglern dar.

Beim Kombinationsflugschrauber handelt es sich praktisch um einen Flugschrauber, der mit zusätzlichen Tragflächen versehen ist.

Das Merkmal des Verwandlungsflugzeuges besteht darin, daß es wie ein Hubschrauber startet und landet, sich jedoch im Horizontalflug in ein Starrflügelflugzeug verwandelt.

Die Entwicklung auf dem Gebiet der Drehflügler ist seit dem Abschluß des Manuskripts vor allem in der Sowjetunion stürmisch weitergegangen. Auf der

Luftparade 1961 in Moskau-Tuschino erschienen einige neue Typen aus der sowjetischen Serienproduktion, zum Beispiel das Wandelflugzeug von Kamow und der größte Hubschrauber der Welt, der Mi-6, als spezieller Kanahubschrauber.

Auch neue Weltrekorde wurden inzwischen von Hubschraubern aufgestellt. Diese Tatsachen können im vorliegenden Buch nicht restlos berücksichtigt werden.

## *Geschichtliche Entwicklung des Hubschraubers*

Der Hubschrauber ist in der Luftfahrtpraxis ein relativ junges Fluggerät. Erst seit etwa 15 Jahren kann man den Hubschrauber als ein nützliches Luftfahrzeug bezeichnen. Wenn auch der Hubschrauber erst verhältnismäßig spät für die Praxis nutzbar gemacht werden konnte, so gehen doch die Ideen, ein Fluggerät zu bauen, das sich nach dem Prinzip einer Schraube in die Luft „hineinbohrt“, weit zurück. Einige Jahrhunderte lang haben sich Wissenschaftler und Techniker mit den Problemen eines Fluggerätes mit drehenden Flügeln beschäftigt.

Die Entwicklung des Hubschraubers verlief viel langsamer als beim normalen Starrflügelflugzeug. Das Flugzeug benötigte vom ersten Motorflug bis zu seiner Verwendung als Verkehrsmittel nur etwa 15 Jahre, der Hubschrauber aber rund 40 Jahre.

Bei der Entwicklung des Starrflüglers war das Triebwerk das Hauptproblem, beim Hubschrauber darüber hinaus aber die komplizierte Drehflügeltechnik, der Drehmomentenausgleich sowie die Steuerung und Stabilität. Erst in den letzten 25 Jahren konnten auf diesen Gebieten die entscheidenden Fortschritte erzielt werden.

In diesem Rahmen ist es unmöglich, alle Wissenschaftler und Luftfahrttechniker anzuführen, die sich in der Vergangenheit mit hubschrauberartigen Projekten beschäftigten. Es können nur die wichtigsten Etappen dargestellt werden:

Leonardo da Vinci (1452 bis 1519) beschäftigte sich nicht nur mit der Konstruktion eines Schwingenflugzeugs und eines Fallschirms, sondern auch mit Fragen eines Flugapparats mit Schraubenflügeln. Er umriß die Konzeption einer „tragenden Luftschaube“ und damit die Grundelemente eines Hubschraubers.

Leonardo da Vinci erläuterte zwar wissenschaftlich die Grundlagen des Senkrechtflugs und des Stehenbleibens in der Luft, erkannte aber das Vorhandensein des Drehmoments noch nicht. Er stellte auch das Modell eines Fluggerätes mit Drehflügeln her. Die technischen Mittel der damaligen Zeit reichten natürlich nicht aus, um dieses Modell wirklich flugfähig zu machen.

Der russische Gelehrte M. W. Lomonossow befaßte sich in den fünfziger Jahren des 18. Jahrhunderts mit der Konstruktion eines Flugapparates nach dem Prinzip des Hubschraubers. Er nahm viele theoretische Berechnungen und Untersuchungen über die Drehflügeltheorie vor; er erkannte auch das Auftreten des Reaktionsmoments. Lomonossow schlug vor, dieses Drehmoment durch zwei sich in entgegengesetzter Richtung drehende Rotoren auszugleichen.

Im Jahre 1754 berichtete Lomonossow auf einer Sitzung der damaligen Akademie der Wissenschaften Rußlands über die Erfindung einer „aerodynamischen Maschine“ mit zwei übereinander angeordneten Luftschrauben. Dieser Flugapparat war somit das klassische Vorbild der heutigen modernen koaxialen Hubschrauber (Abbildung 3).

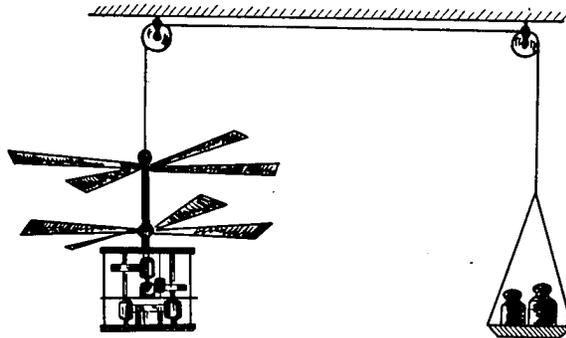


Abb. 3 Schema des Hubschraubermodells Lomonossows aus dem Jahre 1754

Das Hubschrauberprojekt Lomonossows wurde später auch hergestellt und erprobt. Es wurde durch eine Uhrfeder angetrieben und konnte sich einige Meter in die Luft erheben. Für die damalige Zeit war das eine große technische Errungenschaft und der Beweis dafür, daß auch ein Fluggerät, das schwerer als Luft ist, fliegen kann.

Die Franzosen Bienvenu und Launoy unternahmen im Jahre 1784 erfolgreiche Flüge mit Federkraft-Hubschraubern.

In England baute Sir George Cayley, der „Vater der englischen Luftfahrt“, im Jahre 1796 ebenfalls verschiedene Drehflügel-Fluggeräte mit Uhrfederantrieb.

In den folgenden Jahren befaßten sich noch viele Techniker mit dem Hubschrauber. Auf Grund des damaligen Entwicklungsstandes der Technik waren jedoch die notwendigen Voraussetzungen für den Bau größerer Hubschrauber noch nicht vorhanden, so daß diese Ideen und Projekte meist nicht verwirklicht werden konnten. Vor allem fehlte zur damaligen Zeit noch eine geeignete Antriebsmaschine von geringer Masse und genügender Stärke. Der Verbrennungs-

motor war ja noch nicht erfunden. Man versuchte also, mit den damals vorhandenen Kraftmaschinen entsprechende Fluggeräte herzustellen.

Die Franzosen Gustave D'Amicoürt, Gabriel de la Landelle und Felix Tournachon schufen im Jahre 1868 ein hubschrauberartiges Fluggerät mit Dampftrieb. Mit diesem Flugzeug wurden auch einige erfolgreiche Schwebeflugversuche unternommen.

Mit dem Projekt eines „Elektroflugzeugs“ mit einer Tragschraube und einem Propeller für den Vorwärtsflug beschäftigte sich der russische Techniker A. I. Ladiyin im Jahre 1869.

Dieses als „Elektrolet“ bezeichnete Luftfahrzeug sollte von einem Elektromotor mit einer Stärke von 300 PS angetrieben werden und eine Tragfähigkeit von 8 t besitzen. Dieses Projekt wurde nicht verwirklicht, weil die zaristische Regierung den Bau nicht erlaubte. Das ist übrigens ein typisches Beispiel dafür, daß fortschrittlichen Männern, die ihrer Zeit weit voraus waren, Unverständnis und Unglauben entgegengebracht wurde. Dadurch wurde die Entwicklung der Technik zum Teil stark gehemmt.

Im Jahre 1903 vollführten die Gebrüder Wright den ersten Motorflug mit einem „normalen“ Flugzeug. Nur 4 Jahre später gelang es in Frankreich den Gebrüder Bréguet und Paul Cornu – unabhängig voneinander –, die ersten Flüge mit Hubschraubern zu unternehmen.

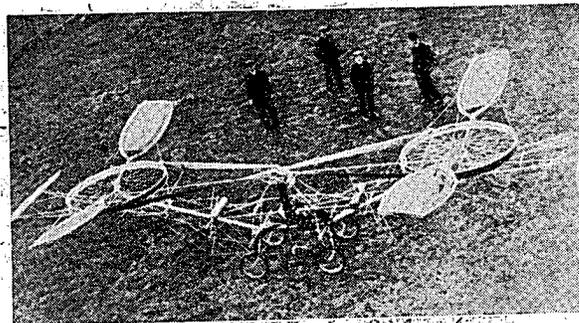


Abb. 4  
Der „Tandemhubschrauber“ des französischen Technikers Paul Cornu aus dem Jahre 1907

Der Hubschrauber von Cornu hatte zwei hintereinanderliegende gegenläufige Rotoren von je 6 m Durchmesser. Er war also der erste Tandemhubschrauber (Abbildung 4).

Mit diesem Hubschrauber konnte sich Cornu mit zwei Personen 1,5 m über den Erdboden heben. Der eingebaute Motor leistete 24 PS.

Der von den Gebrüder Bréguet konstruierte Hubschrauber hatte 4 große Drehflügel, die nebeneinander angeordnet waren. Dieser Hubschrauber konnte auch etwa 1,5 m hoch aufsteigen, allerdings nur mit einem Mann Besatzung.

Dafür war er aber der erste Hubschrauber, der sich freifliegend vom Boden abgehoben hat.

Wenn auch die Flugergebnisse dieser Hubschrauber noch sehr bescheiden waren, so sind diese Flüge doch ein Meilenstein in der Geschichte der Luftfahrt. Es war ein Anfang gemacht. Bis zu einem wirklich betriebsreifen Luftfahrzeug war natürlich noch ein weiter Weg. Vor allem die Probleme der Steuerung waren noch völlig ungelöst.

In Rußland baute 1908 Igor I. Sikorsky in Kiew einen Hubschrauber mit zwei Rotoren in koaxialer Anordnung. Der Motor dieses Hubschraubers leistete jedoch nur 8 PS, so daß mit diesem Gerät praktische Flüge nicht gelangen.

Wichtige theoretische und experimentelle Untersuchungen über die Konstruktion und die Flugeigenschaften des Hubschraubers führte in diesen Jahren B. N. Jurjew durch. Jurjew schlug u. a. auch die Heckschraube zum Drehmomentenausgleich vor. Weiterhin konstruierte er bereits eine automatische Einrichtung zum Verstellen des Anstellwinkels der Rotoren. Unter Leitung von B. N. Jurjew bauten dann einige Studenten der Höheren Technischen Lehranstalt in Moskau das Projekt eines Hubschraubers (Abbildung 5). Im Jahre 1912 wurde dieser Hubschrauber auf der Internationalen Luftfahrtausstellung mit einer Goldmedaille ausgezeichnet.

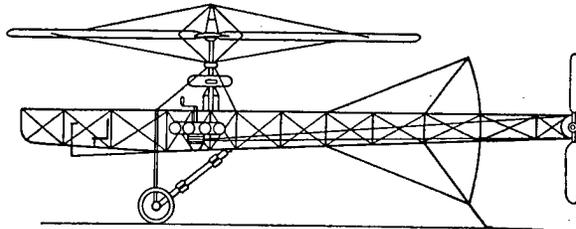


Abb. 5 Hubschrauber von B. N. Jurjew (1911)

Während des ersten Weltkrieges trat der Hubschrauber in den Hintergrund, weil Starrflügler und auch Luftschiffe im militärischen Einsatz mehr Erfolge versprachen.

Die zwanziger Jahre waren auf dem Gebiet der Drehflügler durch den Tragschrauber gekennzeichnet. Seit 1920 beschäftigte sich de la Cierva mit diesem Fluggerät, das Windmühlenflugzeug oder „Autogiro“ genannt wurde. Der erste erfolgreiche Versuch gelang im Januar 1923.

Die besonderen Verdienste de la Ciervas bestehen in der Einführung der „Schlaggelenke“. Während bisher die Rotorblätter starr am Rotorkopf befestigt waren, hängte er die Drehflügel an eine Art „Scharnier“. Dadurch wurde beim Vorwärtsflug eine erhebliche Verbesserung der Flugeigenschaften erzielt,

weil sich die Rotoren während des Umlaufs besser den unterschiedlichen Luftkräften anpassen konnten.

In Spanien befaßte sich zu dieser Zeit Marquis Pateras Pescara intensiv mit dem Hubschrauber. Die von Pescara in den Jahren 1919 bis 1928 gebauten 5 Hubschrauber – sämtlich zweirodrig in coaxialer Anordnung – zeichneten sich vor allem dadurch aus, daß sie als erste Hubschrauber mit allen erforderlichen Steuerorganen versehen waren. Das war ja bis dahin der Mangel aller konstruierten Hubschrauber: sie konnten zwar – mehr oder weniger hoch – in die Luft steigen, aber steuer- und manövrierfähig waren sie kaum.

Der Holländer M. van Baumhauer führte bei seinem Hubschrauber, den er im Jahre 1925 konstruierte, erstmals eine Heckschraube zum Drehmomentenausgleich ein.

Der Italiener Conradino d'Ascanio stellte sechs Jahre später (1931) mit einem Hubschrauber mit zwei Rotoren in coaxialer Anordnung drei Weltrekorde auf: 18 m Höhe, 1078 m Weite und eine Flugdauer von fast 9 Minuten. Dieser Hubschrauber hatte außerdem eine verhältnismäßig gute Stabilität.

Kurze Zeit danach erzielte der ungarische Ingenieur Asboth – ebenfalls mit einem Hubschrauber mit zwei gegenläufigen Drehflügeln – die für die damalige Zeit beachtlichen Leistungen von 3 km Entfernung, 30 m Höhe und 53 Minuten Flugdauer.

In der UdSSR hatte man sich inzwischen in dem von der Sowjetregierung gegründeten Zentralen Aerodynamischen und Hydrodynamischen Institut (ZAGI) intensiv mit dem Hubschrauber beschäftigt. 1930 gelang es einer Gruppe von Wissenschaftlern unter der Leitung von A. N. Tschermuchin, einen lei-

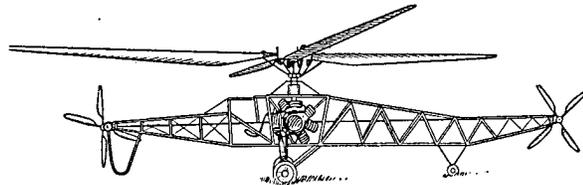


Abb. 6 Sowjetischer Hubschrauber ZAGI EA - 1 aus dem Jahre 1931

stungsfähigen Hubschrauber zu entwickeln. Er hatte einen vierblättrigen Rotor und zwei Schrauben – vorn und hinten – für den Drehmomentenausgleich. Mit diesem Hubschrauber, der die Bezeichnung ZAGI EA - 1 hatte, wurde am 14. August 1932 die neue Weltrekordhöhe von 606 m erreicht (Abbildung 6).

Nach fast dreißigjähriger Unterbrechung wandte sich der Franzose Bréguet wieder dem Hubschrauber zu. Er und Dorand konstruierten 1936 den

G-11-E, der eine Startmasse (früher Fluggewicht) von 2000 kg hatte; sein Motor leistete 350 PS. Dieses Fluggerät erreichte eine Höhe von 158 m, legte eine Entfernung von 44 km zurück und erzielte einen neuen Hubschrauber-Geschwindigkeitsrekord von 108 km/h.

Neuartige Konstruktionsprinzipien wandte Henrich Focke bei dem Muster Fw - 61 an, das 1937 eine Höhe von 3427 m, eine Weite von 230 km und 122,5 km/h Höchstgeschwindigkeit erreichte.

Der Fw - 61 war in seiner Grundkonzeption nach den gleichen Gesichtspunkten gebaut wie ein gewöhnliches Starrflügelflugzeug. Er besaß einen normalen Rumpf mit Höhen- und Seitenleitwerk. Lediglich an Stelle der Tragflächen waren an den Seiten Ausleger vorhanden, auf denen die Drehflügel angebracht waren.

Durch die seitliche Anordnung der Rotoren bekam dieser Hubschrauber außerordentlich gute Steuer- und Flugeigenschaften. Als weitere Besonderheit hatte der Fw - 61 als erster Hubschrauber eine Einrichtung, die bei Versagen des Motors automatisch die Drehflügel auf den Tragschrauberzustand umschaltete. Die Startmasse dieses Hubschraubers betrug 950 kg, die Motorleistung 160 PS.

Den Fw - 61 kann man als den ersten wirklich betriebsreifen und flugsicheren Hubschrauber bezeichnen.

Der daraus weiterentwickelte Fa-223 von der Firma Focke-Achgelis mit einer Startmasse von 4300 kg und einer Motorenleistung von 1000 PS erzielte eine Höchstgeschwindigkeit von 182 km/h, eine Gipfelhöhe von 7100 m und eine Weite von 700 km.

Der Fa-223 war auch der erste Lastenhubschrauber, er verfügte über eine Hubkraft bis zu 1300 kg.

In Deutschland konstruierte 1938/40 Anton Flettner verschiedene Hubschrauber, die, wie der Fw-61 und Fa-223, zu militärischen Zwecken eingesetzt wurden. Hinsichtlich der Lage und der Bewegung der Rotoren hatten die Hubschrauber Flettners etwas Neues: zwei Rotoren waren dicht nebeneinander in einer Schräglage von etwa 24 Grad angeordnet, so daß die Drehflügel „ineinanderkämmten“.

Das Baumuster FI - 282 erreichte mit einem Motor von 140 PS und einer Startmasse von rund 1000 kg eine Höchstgeschwindigkeit von 150 km/h und eine Gipfelhöhe von knapp 4000 m.

Vor dem zweiten Weltkrieg hatte man aber auch in anderen Ländern – besonders in der Sowjetunion und in den USA – große Fortschritte in der technischen Vervollkommnung des Hubschraubers gemacht.

Der in der Sowjetunion 1934/35 von I. P. Bratuchin gebaute Hubschrauber mit der Bezeichnung EA - 5 war erstmals mit einer von B. N. Jurjew entwickelten Vorrichtung versehen, die automatisch die Drehzahl des Motors ent-

spechend dem jeweiligen Anstellwinkel der Rotorblätter regulierte. Durch diese bemerkenswerte technische Neuerung wurde die Bedienung des Hubschraubers wesentlich erleichtert.

Aus dem Versuchshubschrauber EA - 11 (1936) entstand in der Sowjetunion im Jahre 1941 das erste zweimotorige Hubschraubermuster unter der Bezeichnung OMEGA OKB - 3. Dieser Hubschrauber besaß zwei Dreiblatt-Rotoren auf seitlichen Auslegern. Jeder Rotor wurde von einem 500-PS-Motor angetrieben. Der „OMEGA“ erzielte eine Vorwärtsgeschwindigkeit von 140 km/h und Steiggeschwindigkeiten bis zu 6 m/s. Die Konstrukteure I. P. Bratuchin und B. N. Jurjew wurden für die Entwicklung dieses Hubschraubers mit dem Stalinpreis ausgezeichnet.

In den USA unternahm Igor I. Sikorsky, der sein Vaterland verraten hatte und in die USA „übersiedelt“ war, im Jahre 1939 die ersten Flüge mit dem Hubschrauber VS 300, der die heute gebräuchlichste Bauart hatte: Zentralrotor für Auftrieb und Vortrieb und Heckschraube für den Ausgleich des Drehmoments. Das Baumuster VS 300 ist als beachtliche technische Leistung zu werten, da die einrotorige Bauweise mit Heckschraube vorher noch keinem Konstrukteur praktisch gelungen war.

Zu dieser Zeit wurden auch bereits erfolgreiche Versuche mit neuen Antriebsarten beim Hubschrauber unternommen. Der Österreicher Friedrich von Doblhoff baute z. B. 1943 den ersten Hubschrauber mit Strahltrieb. Erstmals verwendete man einen Kolbenmotor mit Druckluftverdichter. Die Druckluft wurde durch ein Leitungssystem zu den Blattenden geführt, wo sie unter hoher Geschwindigkeit aus entsprechenden Düsen strömte und dadurch die Rotoren in Umlauf brachte. Zur Erhöhung der Schubkraft wurde außerdem noch Kraftstoff in die Düsen eingespritzt.

Ebenfalls 1943 brachte die amerikanische Firma Bell ihren ersten Versuchshubschrauber heraus. Bell konzentrierte sich – wie Sikorsky – auch auf die einrotorige Bauweise.

Der amerikanische Konstrukteur Piasecki schuf 1946 einen Hubschrauber mit zwei hintereinanderliegenden Rotoren in Tandemanordnung. Ein Tandemhubschrauber von Piasecki (Typ PV - 14) flog 1948 als erster Hubschrauber einen Looping. Dieser Hubschrauber erzielte kurze Zeit später mit 211 km/h einen neuen Geschwindigkeitsweltrekord. Als besondere technische Neuheit hatte der Hubschrauber PV - 14 auch erstmals zusammenlegbare Drehflügel.

Von den amerikanischen Hubschraubern dieser Zeit ist noch zu erwähnen, daß das Baumuster Bell - 47 (Abbildung 7) als erster Hubschrauber im Jahre 1949 die Lufttüchtigkeitsbescheinigung für die öffentliche Personenbeförderung erhielt.

Da in den USA während des zweiten Weltkrieges die Forschungsarbeiten an der Weiterentwicklung des Hubschraubers überwiegend für militärische Zwecke ungestört fortgesetzt werden konnten, hatten die USA in der ersten Zeit nach 1945 in der Hubschraubertechnik einen nicht unbeträchtlichen Vorsprung.



Abb. 7 „Bell - 47“

In der Sowjetunion begann aber sofort nach Beendigung des Krieges auch auf dem Gebiet der Drehflügler eine außerordentlich intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit, so daß es den sowjetischen Wissenschaftlern bald gelang, die absolute Weltspitze – wie auch im Starrflüglerbau – zu erobern.

Die sowjetischen Hubschrauber zeichnen sich insbesondere durch große Einfachheit und Robustheit der Konstruktion aus. Dadurch sind sie relativ wenig stör anfällig. Bei vielen Einsätzen unter den widrigsten klimatischen Bedingungen haben sie ihre Unempfindlichkeit schon oft bewiesen. Die sowjetischen Hubschrauber-Typen sind dank ihrer starken Triebwerke vergleichbaren anderen Baumustern in der Leistungsfähigkeit zum Teil beträchtlich überlegen. Die vielen internationalen Rekorde und Weltbestleistungen unterstreichen das eindeutig.

Die großen Erfolge des sowjetischen Hubschrauberbaus waren vor allem durch die konzentrierte und zielstrebige Entwicklungsarbeit in drei großen Forschungskollektiven unter der Leitung von N. I. Kamow, M. L. Mil und A. S. Jakowlew möglich.

Kamow befaßt sich mit seinen Mitarbeitern ausschließlich mit kleinen Hubschraubern der koaxialen Bauart. Das Konstruktionskollektiv unter M. L. Mil entwickelt einrotorige Hubschrauber mit Heckschraube, während sich A. S. Jakowlew und seine Forschungsgruppe mit Hubschraubern der Tandembauweise beschäftigen.

N. I. Kamow, der bereits 1928 durch die Konstruktion des Tragschraubers KASKR - 1 „Roter Techniker“ hervorgetreten war, schuf 1946 für Übungs- und Sportzwecke einen Ultraleicht-Hubschrauber, den man „fliegendes Motorrad“ nannte. Die späteren Ka - 10, Ka - 15 und Ka - 18 sind ein- bis dreisitzige Mehrzweckhubschrauber, die alle mit zwei dreiblättrigen, gegenläufigen Rotoren ausgestattet sind. Sie zeichnen sich durch große Wendigkeit und hohe Flugsicherheit aus. Sie sind absolute Spitzenerzeugnisse der Hubschrauber-technik und finden für viele Aufgaben im In- und Ausland Verwendung.

Die größten Erfolge im Hubschrauberbau erzielte das Kollektiv von Mil. Mit Recht nennt man Michael L. Mil den „Tupolew“ im Hubschrauberbau.

Die Entwicklungsreihe der bekannten Mil-Hubschrauber beginnt mit dem Typ Mi - 1 (Abbildung 8).

Die ersten Flüge dieses Hubschraubers fanden 1950 statt, kurz danach ging er in die Serienproduktion. Der Mi - 1 ist mit einem Kolbenmotor von 575 PS Leistung ausgestattet. Die Startmasse beträgt 2245 kg.

Seit März 1958 hält der Mi - 1 den Geschwindigkeitsweltrekord für Hubschrauber bis zu 3000 kg mit 176,7 km/h. Ein Jahr später – im März 1959 – stellte er in seiner Klasse mit 6702 m einen neuen Höhenweltrekord auf.

Auch der Mi - 4, der 1951 aus dem Mi - 1 entwickelt wurde, hält in seiner Klasse mehrere internationale Rekorde (Abbildung 9).

Der Mi - 4 hat eine Startmasse von 7200 kg und eine Motorleistung von 1700 PS. Bereits mit diesem Hubschrauber hatte die Sowjetunion die Weltspitze im Hubschrauberbau übernommen, denn zu Beginn der Serienfertigung des Mi - 4, im Jahre 1952, gab es in den anderen Ländern noch keinen Hubschrauber ähnlicher Größe und Leistung.

Der sowjetische Großhubschrauber Mi - 6 – unter Leitung von M. L. Mil zu Ehren des 40. Jahrestages der Großen Sozialistischen Oktoberrevolution entwickelt – ist mit Abstand der größte Hubschrauber der Welt (35 Tonnen Startmasse!).

Am 30. Oktober 1957 stellte der Mi - 6 (Abbildung 10) einen Weltrekord im Lastflug für alle Klassen auf: er erreichte mit 12 004 kg Zuladung eine Höhe von 2432 m. Vorher stand dieser Rekord bei 6010 kg Zuladung und einer Höhe von 2000 m, gehalten mit einem Hubschrauber des Typs Sikorsky S - 56.

M. L. Mil erhielt für die Entwicklung dieses Großhubschraubers den Leninpreis. Auf der Weltausstellung in Brüssel im Jahre 1958 wurde dem Mi - 6 eine Goldmedaille zuerkannt.

Abschließend sollen noch die Leistungen des bekannten sowjetischen Flugzeugkonstruktors A. S. Jakowlew im Hubschrauberbau kurz gewürdigt werden.

In den Jahren 1952/53 entwarf Jakowlew gemeinsam mit N. K. Skrshinskij der Tandem-Großhubschrauber Jak - 24.

Bereits 1954 ging dieser Hubschrauber in die Serienproduktion. Der Jak - 24 ist auch heute noch der größte zweirotorige Hubschrauber. Dieser Typ hält auch mehrere Klassenweltrekorde. Im Dezember 1955 erreichte er zum Beispiel mit 4000 kg Nutzlast eine Höhe von 2000 m.

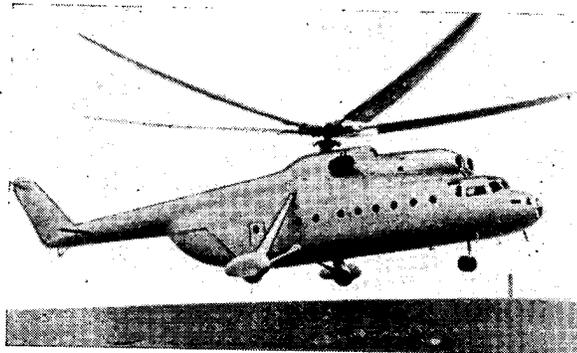
Wenn man die Daten und Flugleistungen der modernen sowjetischen Hubschrauber betrachtet, so stellt man fest, daß die Sowjetunion gegenwärtig das führende Land im Bau von Hubschraubern ist. Die UdSSR hat die hochentwickelten kapitalistischen Staaten nicht nur in der Raketentechnik und im Bau

Abb. 8  
Mehrzweck-  
hubschrauber Mi - 1



Abb. 9 Sowjetischer Hubschrauber Mi - 4

Abb. 10  
Mi - 6 (UdSSR), der 70  
bis 80 Passagiere  
befördern kann



moderner Strahlflugzeuge, sondern auch in der Hubschraubertechnik überholt. Das ist selbstverständlich, denn allein die sozialistische Gesellschaftsordnung ermöglicht die volle schöpferische Entfaltung der Werktätigen. Erst unter sozialistischen Bedingungen wird eine Zersplitterung der Produktivkräfte verhindert, wodurch auch das zweckmäßigste Fluggerät für die verschiedensten volkswirtschaftlichen Aufgaben geschaffen wird. So betrachtet, hat der Hubschrauber gegenüber allen anderen Luftfahrzeugen seine spezifische Bedeutung im Rahmen der Volkswirtschaft.

Die Entwicklung des Hubschraubers ist aber noch keineswegs abgeschlossen. Wenn auch die modernen Hubschrauber unserer Zeit bereits ein hohes technisches Niveau haben und auch sichere und zuverlässige Fluggeräte sind, so muß trotzdem noch vieles getan werden. Insbesondere gilt es, den komplizierten technischen Aufbau zu vereinfachen, die Wirtschaftlichkeit zu verbessern, die Fluggeschwindigkeit zu erhöhen, die Steuerung zu vereinfachen, die Stabilität zu verbessern und den Triebwerkslärm zu verringern. Das sind nur einige Aufgaben.

## **Konstruktionsmerkmale, Flugeigenschaften und Wirtschaftlichkeit des Hubschraubers**

### **Hubschrauberbauarten**

Die Bauarten der Hubschrauber unterscheidet man nach der Zahl und der Anordnung der Rotoren.

Als technisch brauchbar haben sich vor allem fünf Bauformen erwiesen (Abbildung 11):

1. zwei seitliche Rotoren auf Auslegern,
2. zwei seitliche Rotoren, ineinanderkämmend,
3. zwei koaxial übereinanderliegende Rotoren,
4. ein Zentralrotor mit oder ohne Heckschraube,
5. zwei hintereinanderliegende Rotoren in Tandemanordnung.

### **Hubschrauber mit zwei seitlichen Rotoren auf Auslegern**

Der erste betriebssichere Hubschrauber, der von Henrich Focke im Jahre 1935 entwickelte Fw - 61 (Abbildung 12), war nach dieser Konzeption gebaut. Die Konstruktionsart mit zwei nebeneinander auf Auslegern angeordneten Drehflügeln wird deshalb auch als „Focke-Prinzip“ bezeichnet.

Obwohl die Hubschrauber dieser Bauart gute Flugeigenschaften und Stabilitätsverhältnisse aufwiesen, konnten sie sich nur bis Anfang der vierziger Jahre

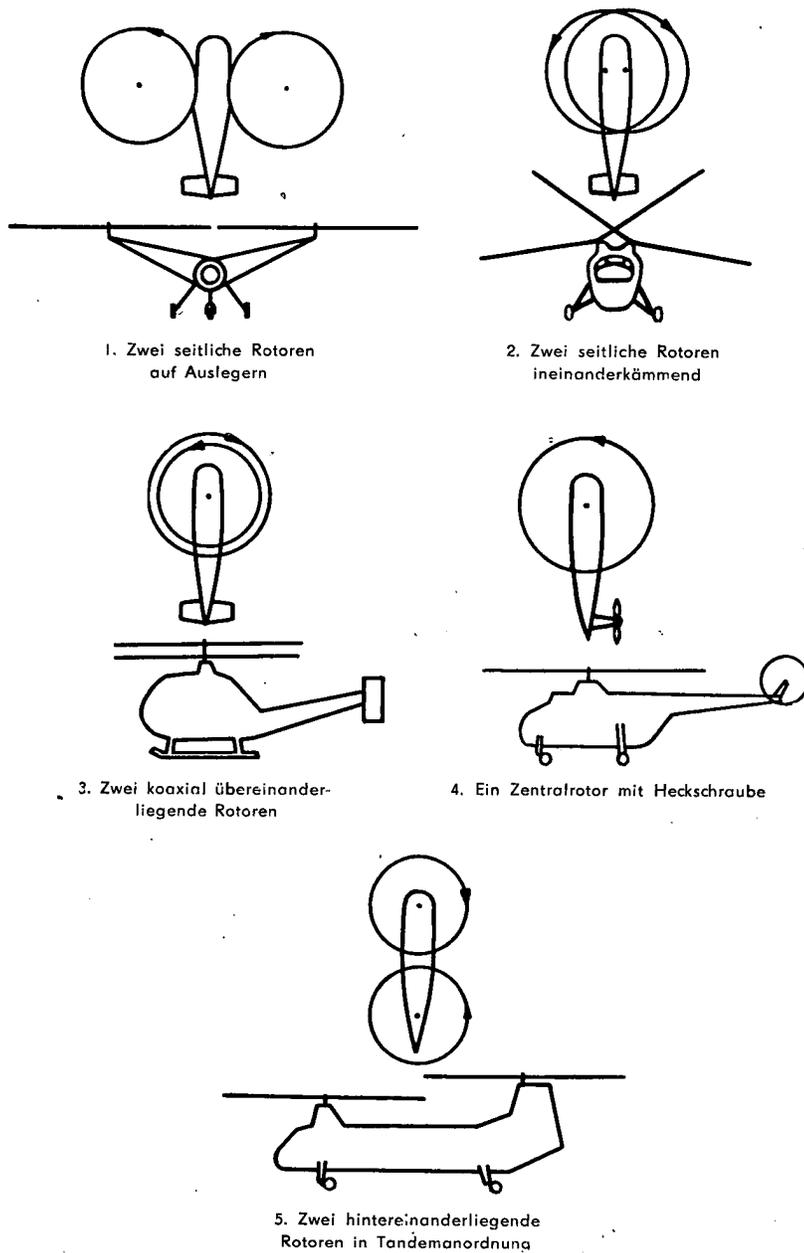


Abb. 11 Die wichtigsten Hubschrauber-Bauarten

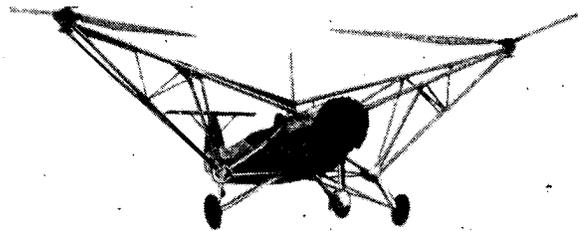


Abb. 12  
Hubschraubermuster  
Focke Fw - 61 (1937)

behaupten. Später wurden Hubschrauber mit dieser Rotoranordnung nur noch vereinzelt gebaut. Der Hauptnachteil dieser Konstruktionsart besteht darin, daß die Ausleger und der Fernantrieb zu den Drehflügeln eine zu hohe Masse hervorrufen. Es ist auch schwierig, diesen Fernantrieb stabil und schwingungssicher zu bauen. Weiterhin verursachen die seitlichen Ausleger beim Vorwärtsflug einen erheblichen Stirnwiderstand, so daß mit solchen Baumustern nur geringe Fluggeschwindigkeiten erzielt werden können.

#### ***Hubschrauber mit zwei seitlichen Rotoren ineinanderkämpfend***

Gegenüber dem Focke-Prinzip hat diese Bauart den Vorteil, daß die seitlichen Ausleger wegfallen. Die zwei Rotoren sind bei diesem System dicht nebeneinander auf der Rumpfoberseite angeordnet. Durch die Schräglage überschneiden sich die Blätter und laufen „durcheinander“.

Diese Bauweise wurde hauptsächlich nur von Flettner angewendet. Obwohl auch diese Baumuster gute Flugeigenschaften haben, werden heute kaum noch Hubschrauber nach diesem Prinzip gebaut. Das System der ineinanderkämpfenden Rotoren ist zu gefährlich, denn bei einem Rotorschaden würden sofort sämtliche Drehflügel zu Bruch gehen, und die Katastrophe wäre unvermeidlich.

#### ***Hubschrauber mit zwei koaxial übereinanderliegenden Rotoren***

Hubschrauber mit konzentrisch gelagerten Rotoren wurden erst nach 1945 zur vollen Betriebsreife entwickelt. Der sowjetische Konstrukteur N. I. Kamow hat daran einen großen Anteil. Kamow ist überhaupt der typischste Vertreter dieses Prinzips. Bekannt sind seine Hubschrauber Ka - 10, Ka - 15 und Ka - 18 (Abbildung 13).

Bei dieser Bauart befinden sich die Rotoren in gegenläufiger Umdrehung, so daß sich die Drehmomente gegenseitig aufheben. Dadurch ergeben sich relativ gute Flug- und Steuereigenschaften.

Die koaxiale Anordnung der Drehflügel bereitet jedoch einige konstruktive Schwierigkeiten. Vor allem ist die Lagerung der Rotorachsen nicht einfach. Weiterhin müssen die beiden Drehflügel untereinander einen genügend großen



Abb. 13  
Hubschrauber Ka - 18  
mit koaxialer  
Rotoranordnung

Höhenabstand haben, damit sie sich gegenseitig nicht berühren. Aus diesem Grunde müssen die Rotorblätter auch relativ dick und schwer gebaut werden, um ein Durchbiegen zu vermeiden. Ein weiterer Nachteil der übereinanderliegenden Rotoren besteht darin, daß sich der untere Drehflügel ständig unter dem Abwindeinfluß des oberen Rotors befindet.

Wegen der komplizierten Lagertechnik der Antriebswellen und der Schwierigkeiten, die mit den übereinanderliegenden Rotorblättern verbunden sind, ist diese Bauart nur für kleinere Typen geeignet.

#### ***Hubschrauber mit einem Zentralrotor mit oder ohne Heckschraube***

Hubschrauber mit einem Hauptrotor für die Auftriebs- und Vortriebserzeugung und einer kleinen Heckschraube für den Drehmomentenausgleich kommen heute am häufigsten vor. Diese Ausführung hat sich bisher am besten bewährt. Die bekannten sowjetischen Hubschrauber Mi - 1, Mi - 4 und Mi - 6 sind nach diesem Prinzip gebaut, wie auch die amerikanischen Hubschrauber Sikorsky und Bell.

Die Erfahrungen haben gezeigt, daß die Ausführungsart mit nur einer Hubschraube einige grundsätzliche Vorteile hat. Vor allem ist der Aufbau und die Konstruktion des Antriebssystems relativ einfach und leicht. Während des Fluges unterliegt der Hauptrotor keinen anderen Einflüssen bzw. Luftkräften, so daß sich ein klares Strömungsfeld ergibt.

Im Gegensatz zur koaxialen Bauweise und zur Tandemanordnung, die sich nur für leichte bzw. schwere Hubschrauber eignen, kann das Einrotorsystem für Hubschrauber aller Größen Anwendung finden.

Die einrotorige Bauweise hat aber auch eine Reihe von Nachteilen. Das durch den Hauptrotor entstehende Drehmoment ist durch eine zusätzliche Heckschraube auszugleichen. Um nun eine genügende Hebelwirkung zu erzielen,

muß die Heckschraube in einem möglichst großen Abstand vom Zentralrotor angebracht werden. Der langgezogene Hecksteiß ist deshalb ein weiteres typisches Kennzeichen dieser Ausführungsart. Die Heckschraube muß durch eine Fernübertragung mit dem Hauptrotor gekoppelt sein. Sie verbraucht bis zu 10 Prozent der gesamten Triebwerksleistung.

Der Vollständigkeit halber soll noch darauf hingewiesen werden, daß es auch einrotorige Hubschrauber mit Wellenantrieb gibt, bei denen das Drehmoment nicht durch einen Heckrotor ausgeglichen, sondern der seitliche Gegenschub durch einen Düsenstrahl erzeugt wird. Besonders für Baumuster mit Turbinenantrieb erscheint dieses Verfahren recht aussichtsreich, denn man kann hierzu den Abgasstrahl der Turbinen verwenden.

Bei Hubschraubern mit Blattantrieb entsteht allerdings kein Rückdrehmoment, so daß bei dieser Antriebsart auch kein Heckpropeller erforderlich ist. (Auf die verschiedenen Antriebsarten und ihre Besonderheiten wird später noch näher eingegangen.)

Der Hauptnachteil der einrotorigen Typen ist aber, daß die Stabilitätsverhältnisse schlecht sind und sich diese Fluggeräte schwierig steuern lassen. Die Bedienung eines solchen Hubschraubers ist sehr kompliziert und verlangt viel Erfahrung.

#### **Hubschrauber mit zwei hintereinanderliegenden Rotoren**

Typische Vertreter des Tandemprinzips sind der sowjetische Jak - 24 (Abbildung 14) und die amerikanischen Vertol-Hubschrauber.

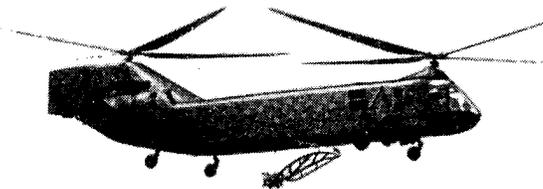


Abb. 14  
Der Tandem-  
hubschrauber  
Jak - 24 (UdSSR)

Das wichtigste Gestaltungsmerkmal der Tandembauart sind zwei gleichgroße hintereinander angeordnete Drehflügel. Besondere Schrauben für den Drehmomentausgleich sind nicht erforderlich, weil die Rotoren gegenseitig umlaufen, so daß sich die Drehmomente aufheben. Weiterhin gibt es – allerdings nur vereinzelt – auch Tandemhubschrauber, deren Drehflügel nicht gegenläufig, sondern gleichsinnig rotieren. Zum Ausgleich der Drehmomente sind die beiden Rotoren gegeneinander etwas geneigt.

Die beiden Drehflügel müssen durch ein Synchronisationsgetriebe und durch entsprechende Wellen miteinander verbunden sein, damit jeder Rotor den gleichen

Auftrieb erhält und damit bei Ausfall eines Triebwerks die Flugfähigkeit erhalten bleibt. Die Getriebeeinrichtungen, die Verbindungswellen und die doppelte Steuereinrichtung für die beiden Drehflügel wirken sich jedoch hinsichtlich der Flugmasse etwas nachteilig aus, so daß das Tandemprinzip nur für größere Hubschrauber zur Anwendung kommen kann.

Für größere Verkehrshubschrauber erscheint diese Rotoranordnung aber sehr geeignet, weil ein großer Schwerpunktbereich vorhanden ist. Gegenüber den einrotorigen Baumustern ist das ein wesentlicher Vorteil, denn deren Schwerpunktbereich ist begrenzt, so daß strenge Ladevorschriften bestehen. Bei einrotorigen Typen muß die Lastverteilung ständig beachtet werden. Beim Tandemhubschrauber bestehen aber große Variationsmöglichkeiten innerhalb des Schwerpunktbereiches, weil der vordere oder der hintere Rotor – je nach Veränderung des Schwerpunktes – durch Verstellen des Anstellwinkels des jeweiligen Rotors entsprechend ausgetrimmt werden kann.

Hubschrauber mit zwei hintereinanderliegenden Rotoren haben auch bessere Flugeigenschaften und Stabilitätsverhältnisse als die normalen Hubschrauber mit einem Drehflügel. Die Tandemhubschrauber lassen sich fast wie Starrflügler fliegen. Die Tandemhubschrauber sind allerdings im Vorwärtsflug etwas empfindlich gegen Böen und andere Störungen. Das ist darauf zurückzuführen, daß der hintere Rotor im Horizontalflug vom Luftstrom des vorderen Drehflügels beeinträchtigt wird. Um diese störenden Einflüsse möglichst zu vermeiden, wird der Heckrotor meist etwas höher angeordnet.

Zusammenfassend läßt sich zu den Hubschrauberbauarten feststellen, daß sich von den technisch brauchbaren Lösungen in der Praxis eigentlich nur drei Hauptformen durchgesetzt haben: die einrotorigen Hubschrauber (mit oder ohne Heckschraube) und die Hubschrauber mit zwei gegenläufigen Rotoren, die entweder übereinander angebracht sind (koaxiale Anordnung) oder hintereinanderliegen (Tandemanordnung).

### **Größe der Hubschrauber**

Es gibt heute Hubschrauber in allen Größen, angefangen von den Kleinsthubschraubern bis zu den großen Typen mit einer Startmasse von mehr als 30 Tonnen.

Es ist üblich, die Hubschrauber in folgende Klassen einzuteilen:

Bezeichnung	Startmasse (kg)
Kleinsthubschrauber	unter 300
Kleinhubschrauber	300– 1 000
Leichte Hubschrauber	1 000– 3 000
Mittelschwere Hubschrauber	3 000– 5 000
Schwere Hubschrauber	5 000–10 000
Großhubschrauber	über 10 000

Der Übergang von einer Klasse zur anderen ist natürlich technisch nicht scharf abgegrenzt. Es gibt zum Beispiel Kleinhubschrauber, die bei einer Startmasse von weniger als 1000 kg mehr Passagiere befördern können als einzelne Baumuster, die bereits zur größeren Kategorie der Leichthubschrauber gehören. Trotz dieser Übergangsformen ist die Größeneinteilung nach der Startmasse aber am zweckmäßigsten.

#### ***Kleinsthubschrauber (Startmasse unter 300 kg)***

Die Kleinsthubschrauber sind Einmann-Fluggeräte, die meist nur für Versuchs- oder Sportzwecke Verwendung finden.

Obwohl die Hubschraubertechnik in den letzten Jahren ganz bedeutende Fortschritte gemacht hat, gibt es den schon oft vorausgesagten „Rucksackhubschrauber“ noch nicht. Ansnallhubschrauber mit einer Masse von nur rund 50 kg, die mit Raketenantrieb versehen sind, existieren aber bereits seit einigen Jahren. Als „Massenverkehrsmittel“ können diese Geräte jedoch noch nicht verwendet werden, und zwar deshalb, weil sie noch viel zu teuer sind und weil der Raketenantrieb auch zu viel Lärm verursacht.

Der leichteste „reine“ Hubschrauber, also in der üblichen Bauart mit Motor und Wellenantrieb, ist zur Zeit der von der amerikanischen Hubschrauberfirma Hiller Aircraft Corp. entwickelte Typ YROE - 1 „Rotorcycle“ (Abbildung 15).



Abb. 15 Kleinsthubschrauber Hiller YROE - 1 „Rotorcycle“

Wie aus dem Bild zu ersehen ist, stellen die Kleinsthubschrauber praktisch nur ein Sitzgestell mit Motor und Drehflügeln dar, an das der Pilot angeschnallt wird.

Bedient wird dieser Hubschrauber durch einen Handknüppel, in dem alle Steuerhandgriffe vereinigt sind. Für den Horizontalflug wird der Handknüppel angezogen, so daß die Rotorachse nach vorn geneigt ist.

Als bedeutsamer Vorzug des Rotorcycle ist anzuführen, daß er völlig faltbar ist. Alle sperrigen Bauteile, also Rotor, Hecksteiß und Stützbeine, lassen sich zusammenlegen, so daß dieses Fluggerät in einem Behälter auf jedem Lastkraftwagen mitgenommen werden kann.

Da der Einsatzbereich der Kleinsthubschrauber sehr begrenzt ist, haben sie nur eine relativ geringe Bedeutung.

#### ***Kleinhubschrauber (Startmasse 300 bis 1000 kg)***

Die Verwendungsmöglichkeiten der Kleinhubschrauber sind dagegen schon recht groß. Sie können für die verschiedensten Aufgaben, zum Beispiel als Lufttaxi, für den Postdienst, für Beobachtungs- und Kontrollaufgaben, für die Pilotenausbildung und für viele andere Zwecke, eingesetzt werden. Die Kleinhubschrauber können bis 200 kg Nutzlast befördern, sie verfügen über ein bis zwei Sitzplätze.

Zur Kategorie der Kleinhubschrauber gehören unter anderem auch die bekannten Typen „Heli-Baby“ HC - 2 (Abbildung 16) aus der CSSR und der SO 1221 „Djinn“ (Abbildung 17) aus Frankreich.

Während der Heli-Baby der leichteste zweisitzige Hubschrauber ist, hält der wendige „Djinn“ seit dem 22. Mai 1957 mit 8482 m den Höhenweltrekord für Hubschrauber aller Klassen.

Der „Djinn“ zeichnet sich durch die Einfachheit seiner Konstruktion aus. Da dieses Baumuster mit Turbinen-Druckluftantrieb arbeitet, kann das Übersetzungsgetriebe und der Heckrotor entfallen, so daß bei einer Leermasse von 360 kg eine Zuladung von 400 kg möglich ist. Die Leermasse beträgt also nur rund 47 Prozent der Startmasse.

#### ***Leichte Hubschrauber (Startmasse 1000 bis 3000 kg)***

Hubschrauber mit einer Startmasse von mehr als 1000 kg werden schon den vielseitigsten Ansprüchen gerecht. Hubschrauber dieser Kategorie können etwa bis zu 600 kg Nutzlast befördern. In der Regel sind 2 bis 6 Passagierplätze vorhanden. Vor allem können solche Hubschrauber schon nutzbringend für den Personen-, Post- und leichten Gütertransport herangezogen werden.

In die Klasse der Leichthubschrauber sind zum Beispiel die bekannten sowjetischen Typen Ka - 18 und Mi - 1 einzuordnen. Auch der BZ - 4 „ZUK“ aus der



Abb. 16  
„Heli-Baby“ HC - 2  
(CSSR), der leichteste  
zweisitzige  
Hubschrauber  
mit Wellenantrieb

Volksrepublik Polen und die amerikanischen Hubschraubertypen Bell - 47 und Sikorsky S - 51 gehören in diese Gruppe, wie auch der französische SE 3160 „Alouette III“ (Abbildung 18).

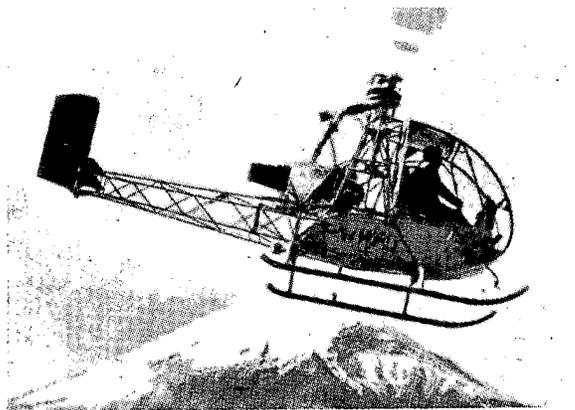


Abb. 17  
Französischer  
Kleinhubschrauber  
SO 1221 „Djinn“  
mit Turbinen-  
Druckluftantrieb

**Mittelschwere Hubschrauber (Startmasse 3000 bis 5000 kg)**

Hubschrauber dieser Größenordnung verfügen etwa über 6 bis 14 Passagierplätze. Sie lassen sich also bereits für den Zubringerdienst und auch für den zwischenstädtischen Schnellverkehr verwenden. Da deren Hubkraft etwa zwischen 600 und 1200 kg liegt, eignen sich diese Hubschrauber auch schon für leichte Kranflugarbeiten.

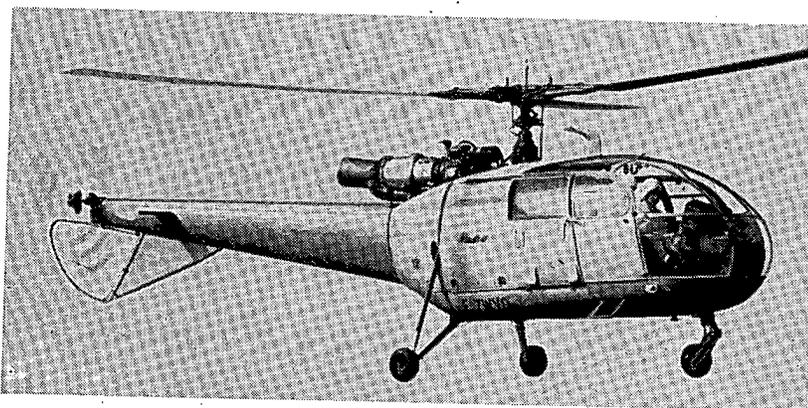


Abb. 18 Leichtubschrauber SE 3160 „Alouette III“

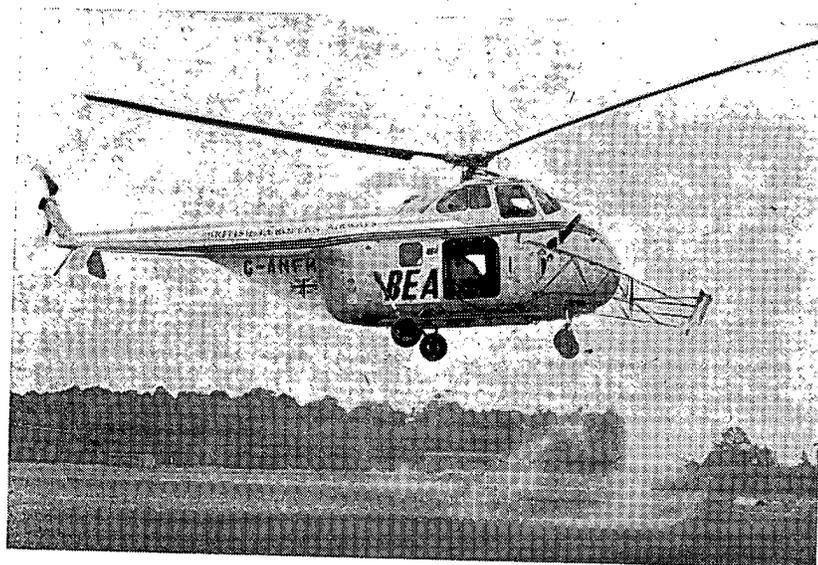


Abb. 19 Mehrzweckubschrauber Westland „Whirlwind“ (S - 55)

Das bekannteste Baumuster dieser Klasse ist der Sikorsky S - 55 (Vgl. Abb. 19). Die Weiterentwicklung des S - 55 ist der Sikorsky S - 62, der im wesentlichen die gleichen Abmessungen wie der S - 55 hat. Der Hauptunterschied zwischen beiden Baumustern besteht darin, daß beim S - 62 an Stelle des Kolbenmotors eine Gasturbine von 1050 PS eingebaut ist.

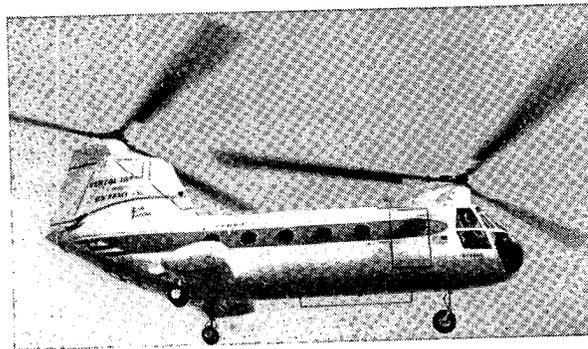


Abb. 20  
Vertol 107, ein moderner  
Turbinenhubschrauber  
für 25 Passagiere



Abb. 21  
Verkehrshubschrauber  
SE 3200 „Frelon“  
(Frankreich) für 20 bis  
30 Passagiere

### **Schwere Hubschrauber (Startmasse 5000 bis 10000 kg)**

Zur Kategorie der schweren Hubschrauber gehören unter anderem die bekannten Baumuster Mi - 4 und (Vertol V - 107 (Abbildung 20) sowie der neue französische Passagierhubschrauber SE 3200 „Frelon“ (Abbildung 21).

Der Mi - 4 ist ein robuster und leistungsfähiger Hubschrauber von hoher Flugsicherheit. Ein Beweis für die große Leistungsfähigkeit dieses Typs ist der Weltrekordflug am 14. März 1960, bei dem 1012 kg Nutzlast auf eine Höhe von 7575 m gebracht wurden. Als Mehrzweckhubschrauber wird der Mi - 4 in der Sowjetunion seit Jahren in verschiedenen Versionen in großen Stückzahlen gebaut. Er kommt in vielen Zweigen der Volkswirtschaft zum Einsatz. Auch die Deutsche Lufthansa verfügt über einige Hubschrauber vom Typ Mi - 4.

### **Großhubschrauber (Startmasse über 10000 kg) <sup>1</sup>**

In den letzten Jahren haben sich die Starrflügelflugzeuge in ihren Abmessungen und in ihrer Ladefähigkeit ganz beträchtlich vergrößert. Die gleiche Entwicklung ist auch bei den Hubschraubern festzustellen.

Die Ursache für das Streben nach größeren Baumustern ist in erster Linie darin begründet, daß die Masse nicht im gleichen Verhältnis zunimmt wie die

Tragfähigkeit. Mit steigender Größe wird das Verhältnis von Nutzlast zu Leermasse günstiger. Dadurch ergibt sich bei größeren Hubschraubern in der Regel eine bessere Wirtschaftlichkeit als bei kleinen Baumustern.

Trotz der besseren Wirtschaftlichkeit wird man aber für Verkehrszwecke nicht nur Großhubschrauber verwenden, denn für die Gesamtwirtschaftlichkeit des Hubschraubereinsatzes sind nicht nur die Betriebskosten maßgebend, sondern vor allem auch die Auslastung.

Es dürfte deshalb kaum zweckmäßig sein, für den Passagierverkehr Hubschrauber mit einer Kapazität von mehr als 100 Plätzen zu bauen, denn der Hubschrauber wird entsprechend seinen Eigenarten hauptsächlich im Nahluftverkehr eingesetzt werden. Im Nahverkehr wird es aber nur wenige Strecken geben, wo ein so großer Hubschrauber ständig ausgelastet werden könnte.

Die bekanntesten Großhubschrauber sind: die sowjetischen Baumuster Mi - 6 und Jak - 24, die amerikanischen Typen Sikorsky S - 56 und Bell - 61 sowie der englische Westland „Westminster“. Abgesehen vom Jak - 24, der sich bereits seit 1954 im Einsatz befindet, sind die anderen Typen erst in den Jahren 1957 bis 1960 fertiggestellt worden.

All diese Baumuster sind als beachtliche technische Leistungen zu werten. Einen Hubschrauber mit der Flugmasse von mehr als 10 t zu bauen, bringt viele konstruktive Probleme mit sich.

Der Mi - 6 ist mit Abstand der größte Hubschrauber der Welt. Die kapitalistischen Länder haben diesem sowjetischen Riesenhubschrauber nichts Gleichwertiges entgegenzusetzen. Eine Gegenüberstellung einiger wichtiger Kenndaten des Mi - 6 mit dem größten Baumuster der kapitalistischen Länder, dem englischen Westland „Westminster“, veranschaulicht das recht deutlich:

	Mi - 6	Westland „Westminster“
Startmasse	35 000 kg	15 000 kg
Nutzlast	8 000 kg	3 760 kg
Passagierzahl	80	45
Rotordurchmesser	35,00 m	21,95 m
Triebwerksleistung	9 400 PS	6 390 PS

Der Bau eines Großhubschraubers wie des Mi - 6 ist eine große technische Leistung. Es ist keineswegs so, daß man einfach alle Teile eines kleinen Hubschraubers im entsprechenden Verhältnis maßgerecht zu vergrößern braucht. Im Gegenteil, denn bei der Konstruktion eines solchen Hubschraubers treten viele neue, bisher noch nicht bekannte Probleme auf. Vor allem in aerodynamischer Hinsicht und auch in bezug auf die Baufestigkeit haben die größeren Abmessungen zum Teil ganz andere Auswirkungen.

Die sowjetischen Wissenschaftler arbeiten aber bereits an noch größeren Hubschrauber-Projekten. Nach einer Meldung der sowjetischen Nachrichten-

agentur TASS beschäftigt man sich gegenwärtig in der UdSSR sehr intensiv mit der Entwicklung großer „fliegender Güterwagen“. Im Moskauer Flugzeuginstitut ist zum Beispiel ein Großhubschrauber in Entwicklung, der eine Tragfähigkeit von über 40 t aufweisen wird. Dieser Riesenhubschrauber soll 24 Tragschrauben erhalten. Außerdem sollen noch zusätzliche Propeller für den Vorwärtsflug eingebaut werden.

Diese Meldungen beweisen, daß man in der Sowjetunion der Weiterentwicklung des Hubschraubers eine große Bedeutung beimißt.

### **Antriebsarten und Triebwerke der Hubschrauber**

Unter dem Begriff „Antriebsart“ versteht man beim Hubschrauber die Art und Weise, wie die Rotoren in Umdrehung versetzt werden. Es gibt hierfür zwei Lösungen, und zwar

- a) den Wellenantrieb,
- b) den Blattantrieb.

Beim Wellenantrieb wird die Triebwerksleistung mechanisch, also über Getriebe und Verbindungswellen, auf die Rotoren übertragen.

Das konstruktive Merkmal des Blattantriebes besteht darin, daß die Antriebs-einrichtungen (Strahltriebwerke, Druckluftdüsen, Raketen usw.) direkt an den Rotorblättern angebracht sind und durch ihren Rückstoß die Drehflügel zum Rotieren bringen.

Aus diesen beiden Antriebsarten und den verschiedenen Möglichkeiten der Triebwerkswahl ergeben sich sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die Bau- und Betriebskosten, den Zuladungsanteil, die Reichweite und andere Kennziffern der Hubschrauber. Die zweckmäßige Triebwerkswahl hat beim Hubschrauber einen entscheidenden Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit und die sich daraus ergebenden Einsatzmöglichkeiten.

#### **Wellenantrieb**

Der Wellenantrieb ist gegenwärtig die gebräuchlichste Antriebsart der Hubschrauber. Er ist technisch am weitesten ausgereift. Obwohl sich diese Konzeption bewährte, hat sie doch eine ganze Reihe von Nachteilen. Der Hauptnachteil ist die mechanische Kompliziertheit, denn damit sind hohe Anschaffungs- und Wartungskosten verbunden.

Beim Wellenantrieb wird vom Rumpf auf den Rotor ein erhebliches Drehmoment übertragen. Bei einrotorigen Baumustern muß dieses Rückdrehmoment durch eine besondere Heckschraube oder durch einen Heckstrahl wieder ausgeglichen werden. Abgesehen davon, daß der Ausgleich des Drehmoments die Steuerung eines solchen Hubschraubers bedeutend erschwert, verursacht der

zusätzliche Heckpropeller mit den Verbindungswellen eine größere Masse und auch erhöhte Bau- und Unterhaltungskosten.

Auf die Masse und die Herstellungskosten wirkt sich aber noch nachteiliger aus, daß für die Kraftübertragung vom Motor auf die Rotoren komplizierte Getriebeeinrichtungen notwendig sind. Der Grund dafür sind die unterschiedlichen Drehzahlen. Die Rotoren der Hubschrauber müssen aus aerodynamischen Gründen relativ langsam umlaufen. Die Drehzahlen der Tragschrauben liegen – je nach Größe und Belastung der Blätter – zwischen 120 und 300 Umdrehungen je Minute.

Der Heckrotor rotiert etwa 600- bis 800mal in der Minute. Die Triebwerke haben dagegen eine weit höhere Umdrehungszahl: Kolbenmotoren etwa 2000 bis 4000 U/min und Gasturbinen sogar 8000 bis 15 000 U/min. Zum Ausgleich dieser unterschiedlichen Drehzahlen müssen entsprechende Getriebe dazwischengeschaltet werden.

Das Untersetzungsgetriebe verteuert die Baukosten der wellengetriebenen Hubschrauber erheblich. Die Getriebeeinrichtungen machen sich auch massenmäßig ungünstig bemerkbar. Beim Sikorsky S - 55, der eine Leermasse von 2050 kg hat, beträgt die Masse des Getriebes allein 335 kg. Auch bei den anderen wellengetriebenen Hubschraubern ist ein ähnliches Verhältnis festzustellen. Durch den hohen Masseanteil der Kraftübertragungsanlagen geht also wertvolle Nutzlast verloren. Außerdem verbrauchen die Getriebeeinrichtungen etwa 4 bis 6 Prozent der gesamten Motorleistung. Es muß deshalb eine Hauptaufgabe der Hubschrauberkonstrukteure sein, diese kostspieligen und schweren Kraftübertragungsorgane zu vereinfachen.

Als Antriebsquelle wurde beim Hubschrauber mit Wellenantrieb bisher meist der Kolbenmotor verwendet. Das Kolbentriebwerk wird jedoch in letzter Zeit immer mehr von der Gasturbine verdrängt. Vor allem in große Typen werden heute fast nur noch Turbinen eingebaut.

Bei Großhubschraubern ist die Verwendung von Turbinen beinahe eine zwingende Notwendigkeit, denn die oberste Grenze der Leistungsfähigkeit der Kolbentriebwerke liegt bei etwa 3500 PS. Eine weitere Erhöhung der Motorleistung ist auch aus Raumgründen für einen Flugzeugmotor nicht vertretbar. Starke Turbinentriebwerke lassen sich aber ohne weiteres in einen Hubschrauber einbauen, da die Gasturbine ein geringeres Bauvolumen hat.

In Abbildung 22 ist das Verhältnis von Triebwerksmasse zur PS-Leistung graphisch dargestellt.

Das Verhältnis bei Kolbenmotoren ist bedeutend ungünstiger als bei Gasturbinen. Das mittlere Leistungsgewicht beträgt bei Turbinen etwa 0,3 kg/PS, bei Kolbenmotoren in den günstigsten Fällen 0,5 kg/PS.

Die wesentlich geringere Masse der Turbinen ist der größte Vorteil dieser Triebwerke. Es wurde bereits erwähnt, daß beim Mi - 4 durch den Einbau einer Gasturbine an Stelle des bisher verwendeten Kolbenmotors die Passagierzahl

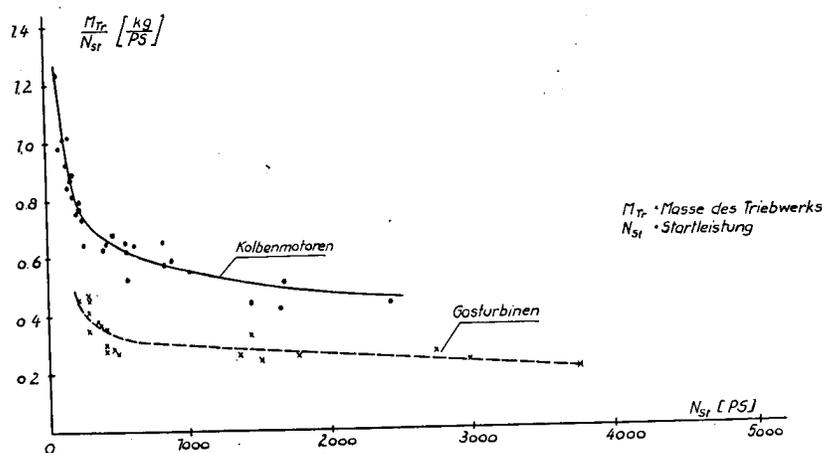


Abb. 22 Verhältnis von Triebwerksmasse zur PS-Leistung von Hubschrauber-Triebwerken (nach W. Just)

von 12 auf 18 gesteigert werden kann. Beim Mi-1 würde die Verwendung einer Turbine eine Masseeinsparung von über 300 kg mit sich bringen.

Von großer Bedeutung ist für den Hubschrauber auch die Tatsache, daß die Turbinentriebwerke fast völlig erschütterungsfrei arbeiten, da sie nur rotierende Teile haben.

Durch die geringe Vibration der Turbinen ergibt sich – abgesehen von dem besseren Komfort – eine höhere Lebensdauer der Bauteile.

Ein weiterer Vorteil der Gasturbine besteht darin, daß sie kein Kühlgebläse benötigt und damit die volle Leistung für den Antrieb zur Verfügung steht. Hubschrauber-Kolbentriebwerke brauchen dagegen ein besonderes Kühlgebläse, wodurch 8 bis 12 Prozent der gesamten Motorleistung verlorengeht.

Gasturbinen sind in der Bedienung auch einfacher, denn das Warmlaufen des Kolbenmotors, das bei niedrigen Temperaturen manchmal recht erhebliche Zeit in Anspruch nimmt, entfällt beim Turbinenantrieb völlig. Es kann sofort gestartet werden.

Die Turbinen brauchen auch kein so kompliziertes Schmier- und Ölsystem wie die Kolbenmotoren. Dadurch ist die Wartung der Turbinen einfacher, anspruchsloser und billiger.

Schließlich ist bei Turbinentriebwerken das Lärmniveau in der Kabine von Passagierhubschraubern bedeutend niedriger als bei Kolbenmotoren.

Die Gasturbine hat aber auch einige Nachteile. Zunächst ist der höhere Kraftstoffverbrauch zu nennen, wie aus Abbildung 23 deutlich zu sehen ist.

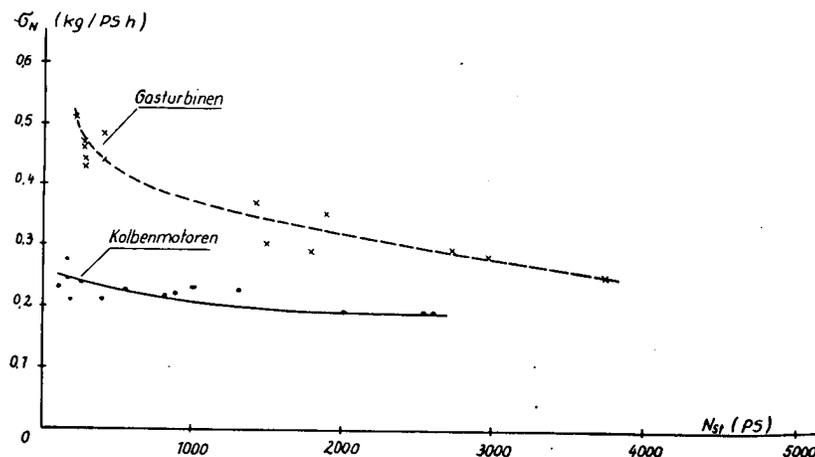


Abb. 23 Kraftstoffverbrauch in kg je PS-Stunde bei Hubschrauber-Kolbenmotoren und -Gasturbinen (nach W. Just)

Bei den modernen, hochgezüchteten Kolbentriebwerken liegt der spezifische Kraftstoffverbrauch nur etwas über 200 g PSh, bei den Turbinen mit hoher Leistung jedoch bei 250–300 g/PSh, bei kleinen Gasturbinen (bis etwa 500 PS) sogar noch darüber.

Bei großen Hubschraubern wirkt sich der etwas höhere Kraftstoffverbrauch des Turbinenantriebs kostenmäßig nicht nachteilig aus, denn die Gasturbinen brauchen keinen hochwertigen Flugkraftstoff, sondern kommen mit dem bedeutend billigeren Kerosin aus.

Als weiterer Nachteil der Turbinentriebwerke ist der relativ hohe Anschaffungspreis anzuführen. Zur Zeit sind die Gasturbinen noch beträchtlich teurer als Kolbenmotoren gleicher Leistung. Die hohen Herstellkosten der Gasturbinen sind in erster Linie auf das teure Fertigungsmaterial zurückzuführen, denn für den Bau von Turbinentriebwerken können nur außerordentlich hochwertige und hitzebeständige Stahllegierungen verwendet werden.

In diesem Zusammenhang soll noch ein neuartiger Motor erwähnt werden, von dem man sich auch in der Luftfahrt eine große Zukunft verspricht: der Drehkolbenmotor, der von dem westdeutschen Ingenieur Fritz Wankel entwickelt wurde.

Der „Wankelmotor“ wird als eine Sensation auf dem Gebiet des Motorenbaues angesehen, denn er besitzt keine Ventile, Kolben und Pleuelstangen, sondern nur rotierende Teile. Dadurch tritt – wie beim Turbinenantrieb – fast keine Erschütterung auf. Der Wankelmotor kann ebenfalls mit Kerosin betrieben wer-

den. Im Gegensatz zur Gasturbine hat er aber nur einen geringen Kraftstoffverbrauch (kleine Baumuster nur reichlich 200 g/PS h).

Der Wankelmotor besteht nur aus einer geringen Zahl von Bauteilen. Die Baukosten werden deshalb relativ niedrig sein. Da an den heißesten Teilen des Motors nur eine Temperatur von 150 ° C entstehen soll, wird der Verschleiß wegen der geringen Hitzeentwicklung auch niedriger sein als bei Turbinen.

Da der Wankelmotor praktisch alle wichtigen Forderungen erfüllt, die an einen Flugzeugmotor zu stellen sind, wie kleine Masse, niedrige Baukosten, geringer Kraftstoffverbrauch, muß dieser als sehr aussichtsreich angesehen werden. Im Hubschrauberbau könnte der Wankelmotor vor allem bei kleinen Typen die alten Kolbentriebwerke ablösen.

Neuerdings wird auch oft über die Möglichkeit des Atomtriebes für Luftfahrzeuge gesprochen. In einigen Ländern – besonders in der Sowjetunion und in den USA – wird bereits seit Jahren intensiv an der Entwicklung von Kernenergie-Flugtriebwerken gearbeitet.

### **Blattantrieb**

Weil beim Wellenantrieb komplizierte Getriebe- und Kraftübertragungseinrichtungen erforderlich sind, beschäftigt man sich bereits seit langem damit, den Wellenantrieb durch den direkten Antrieb der Blätter zu ersetzen. Beim direkten Blattantrieb tritt auch – wenn man von dem geringen Reibungswiderstand der Rotorachse absieht – kein Drehmoment auf, so daß die sonst bei einrotorigen Hubschraubern notwendige Heckschraube entfallen kann.

Dadurch wird eine bedeutende Einsparung an Masse erzielt. Hubschrauber mit Blattantrieb weisen deshalb einen Zuladungsanteil bis zu 0,7 auf. Das heißt, von der gesamten Startmasse entfallen auf die Eigenmasse des Hubschraubers nur etwa 30 Prozent, während Nutzlast und Kraftstoff bis zu 70 Prozent ausmachen. Wellengetriebene Baumuster haben dagegen nur einen Zuladungsanteil von etwa 0,3 bis 0,5.

Technische Möglichkeiten für den Blattantrieb gibt es mehrere. Zunächst hat man versucht, die Rotorblätter durch kleine Propeller, die von Kolbenmotoren oder Turbinen angetrieben werden, in Bewegung zu setzen. Der Antrieb durch Zugschrauben an den Blättern hat sich aber nicht bewährt, weil bei diesem System die Triebwerke und die Luftschrauben starken Zentrifugal- und Kreiseldrücken unterliegen. Dadurch tritt ein hoher Verschleiß ein, während der Wirkungsgrad nur relativ gering ist. Auf Grund dieser Nachteile kommt der Blattpropellerantrieb nur noch selten zur Anwendung.

Wesentlich einfacher und günstiger ist es aber, die Rotorblätter durch Schubdüsen anzuweiben. Durch den Rückstoß werden die Drehflügel in Umdrehung versetzt. Der Strahlantrieb der Hubschrauberrotoren arbeitet also etwa nach dem Prinzip des bekannten Segnerschen Wasserrades.

Von den verschiedenen Arten des Rückstoßantriebes hat sich bisher das Druckluftprinzip am besten bewährt. Bei diesem System wird Druckluft von einem Verdichter, der sich im Rumpf des Hubschraubers befindet und von einem Kolbenmotor oder einer Gasturbine angetrieben wird, über Verbindungsrohre zum Rotorkopf und von dort aus zu den Blattspitzen geleitet, wo sie unter hohem Druck und großer Geschwindigkeit aus den Düsen strömt und dadurch einen Schub abgibt. Motor und Drehflügel haben keine mechanische Verbindung, sondern die Kraftübertragung geschieht durch eine „Lufttransmission“. Die sonst üblichen schweren Getriebeeinrichtungen und Verbindungswellen können dadurch entfallen.

Wenn eine Turbine als Kraftquelle verwendet wird, besteht auch die Möglichkeit, den Verdichterteil der Gasturbine etwas größer auszulegen, so daß die komprimierte Luft direkt aus der Turbine entnommen werden kann. Diese einfache Lösung wird zum Beispiel bei dem SO 1221 „Djinn“ angewendet.

Zur Leistungssteigerung des Druckluftantriebes kann in die Ausströmdüsen noch zusätzlich Kraftstoff eingespritzt und verbrannt werden. Dadurch wird eine beträchtliche Schubvergrößerung erzielt. Der englische Kombinationsflugschrauber Fairey „Rotodyne“ arbeitet zum Beispiel nach dem Prinzip des Druckluftantriebes mit zusätzlicher Kraftstoffeinspritzung.

Neben dem Druckluftantrieb hat sich bisher bei kleineren Hubschraubern auch noch das Staustrahltriebwerk für den Blattantrieb bewährt. Diese Antriebsart wird zum Beispiel bei dem Typ Hiller „Hornet“ angewendet.

Die Staustrahltriebwerke, die nur aus drei Hauptteilen (Diffusor, Brennkammer und Düse) bestehen, besitzen keinerlei bewegliche Teile. Sie sind deshalb in der Herstellung und auch in der Wartung außerordentlich billig. Allerdings haben sie den Nachteil, daß sie erst bei einer hohen Eigengeschwindigkeit funktionsfähig sind. Da die Staustrahltriebwerke im Stand keinen Schub erzeugen können, sind für den Start noch zusätzliche Hilfstriebwerke (z. B. Raketen o. ä.) erforderlich.

In dieser Hinsicht sind die Pulsationstriebwerke günstiger. In ihrem Aufbau ähneln sie zwar dem Staustrahltriebwerk, da sie aber Ventilkappen besitzen, liefern sie auch im Stand einen ausreichenden Schub. Das Pulsationtriebwerk, das auch unter der Bezeichnung „Argus-Schmidt-Rohr“ bekannt ist, wurde erstmals im zweiten Weltkrieg bei der berühmten V-1-Rakete angewendet. Als Blattantrieb kommt es jetzt auch vereinzelt beim Hubschrauber zum Einsatz. Ein Beispiel hierfür ist der Hiller X-27 „Jet Jeep“. Wegen der außerordentlich starken Geräuschentwicklung und des hohen Kraftstoffverbrauchs wird sich diese Form des Blattspitzenantriebs jedoch nicht in breiterem Maße durchsetzen.

Eine weitere Möglichkeit des direkten Blatt-Strahlantriebes ist die Verwendung von Raketentriebwerken. Trotz der großen Einfachheit und der billigen Bauweise werden die Raketen beim Hubschrauber aber nur als Starthilfen verwendet. Wegen des außerordentlich hohen Kraftstoffverbrauchs sind die Raketentriebwerke für den Dauerbetrieb nicht geeignet.

## **Flugeigenschaften des Hubschraubers und Probleme der Flugtechnik**

### **Flugeigenschaften**

Der Start des Hubschraubers vollzieht sich in der Regel in zwei Phasen: senkrecht abheben vom Boden bis zu einer gewissen Höhe und Übergang aus dem Schwebeflug in den schrägen Steigflug.

Beim Abheben vom Boden – wie auch beim Landen – wird der Hubschrauber durch den „Bodeneffekt“ unterstützt. Dieser Effekt entsteht dadurch, daß der Rotorluftstrahl in Bodennähe nicht sofort frei abfließen kann. Dadurch bildet sich über dem Boden eine Art Luftpolster, das einen zusätzlichen Auftrieb erzeugt. Der Bodeneffekt wirkt etwa bis zu der Höhe, die dem Rotordurchmesser des Hubschraubers entspricht. Bis in diese Höhe wird sich also der Hubschrauber senkrecht vom Boden abheben und wird dann in den schrägen Steigflug übergehen.

Wenn der Hubschrauber schon dicht über dem Boden in den Vorwärtsflug überginge, bestünde die Gefahr des Durchsackens. Sobald der Hubschrauber nämlich schräg nach vorn fliegt, rutscht das Luftkissen nach hinten weg, so daß sich plötzlich durch den Wegfall des Polstereffektes eine Verringerung des Auftriebs ergibt.

Daß der Hubschrauber anschließend schräg aufsteigt, liegt daran, daß im Schrägflug die Steiggeschwindigkeit höher ist als im Senkrechtflug. Das mag vielleicht komisch klingen, aber im Vorwärtsflug ist die Tragfähigkeit größer, denn der Auftrieb wächst mit der Vorwärtsgeschwindigkeit. Im schrägen Steigflug ist ein größerer Leistungsüberschuß für das Steigen vorhanden als im Senkrechtflug. Im Vertikalflug erreichen die Hubschrauber nur Steigleistungen von etwa 2 bis 3 m/s, während im Schrägflug Steiggeschwindigkeiten von etwa 4 bis 6 m/s erzielt werden. Die optimale Steigleistung liegt in der Regel bei etwa  $\frac{1}{3}$  der maximalen Vorwärtsgeschwindigkeit.

Die Hubschrauber erreichen im schrägen Steigflug eine Gipfelhöhe von 4000 m im Durchschnitt, im Senkrechtflug etwa 2000 bis 3000 m.

Der vertikale Steigflug und der Schwebeflug des Hubschraubers ist physikalisch und aerodynamisch verhältnismäßig einfach zu erklären. Die umlaufenden Blätter der Drehflügel erzeugen eine Kreisfläche, die den Hubschrauber trägt. Der Auftrieb wird dadurch erzielt, daß die Rotorblätter etwas nach vorn ange stellt sind. Durch die Vergrößerung des Blattanstellwinkels läßt sich der Auftrieb erhöhen. Der Anstellwinkel darf aber nicht zu groß sein, weil sonst die Blätter „überzogen“ werden. Dadurch reißt die Strömung ab, und der Hubschrauber würde durchsacken.

Im Horizontalflug oder im schrägen Steigflug ist die Kräfteverteilung etwas schwieriger. Es sollen in diesem Rahmen aber keine komplizierten Formeln der Kräftezerlegung und -einwirkung angeführt werden. Man kann die schräg nach vorn gerichtete Rotorleistung einfach als die Resultante eines Kräfteparallelo-

grammes betrachten, die die Schwerkraft des Hubschraubers und die verschiedenen Widerstände ausgleicht.

Die Neigung der Rotorebene nach vorn läßt sich durch drei verschiedene Verfahren erreichen, und zwar:

- a) durch Kopfkippsteuerung,
- b) durch Kopfschiebersteuerung,
- c) durch Blattsteuerung.

Bei der Kopfkippsteuerung wird die Rotorachse mit dem Rotorkopf und den Drehflügeln nach vorn gekippt.

Bei der Kopfschiebersteuerung wird der gesamte Hubschrauber nach vorn geneigt, indem die Rotorachse parallel nach hinten verschoben wird. Der Schwerpunkt des Hubschraubers liegt jetzt vor der Rotorachse, so daß sich der gesamte Rumpf nach vorn neigt. Bei diesem System fliegt also der Hubschrauber im Vorwärtsflug mit gesenkter Rumpfnase. Die schräge Rumpflage wirkt sich im Passagierverkehr nachteilig auf die Bequemlichkeit aus. Außerdem wird dadurch im Horizontalflug auch der Luftwiderstand vergrößert. Wegen dieser Nachteile kommt die Kopfschiebersteuerung heute kaum noch zur Anwendung.

Die günstigste Methode ist die Blattsteuerung, weil hierbei nur die Rotorblätter während des Umlaufs ihre Lage verändern. Die Neigung der Rotorebene besorgt eine sogenannte Taumelscheibe, die eine periodische Blattverstellung bewirkt.

Bekanntlich kann der Hubschrauber aber nicht nur vorwärts fliegen, sondern auch seitwärts oder rückwärts. Das ist möglich, weil die Rotorkreisfläche durch die Taumelscheibe in jede beliebige Richtung geneigt werden kann.

Für den Hubschrauber-Horizontalflug gibt es also verschiedene konstruktive Möglichkeiten. Obwohl dieses Problem heute technisch gelöst ist, so eignet sich der Hubschrauber in aerodynamischer Hinsicht viel besser für den Schwebeflug als für den Vorwärtsflug.

#### **Fluggeschwindigkeit**

Ein großer Nachteil des Hubschraubers ist seine relativ niedrige Fluggeschwindigkeit. Die Reisegeschwindigkeiten der Hubschrauber liegen in der Regel zwischen 150 und 200 km/h. Auch die Höchstgeschwindigkeit ist wegen der ungünstigen Aerodynamik nicht viel höher. Nach den heutigen Erkenntnissen lassen sich mit „reinen“ Hubschraubern lediglich Höchstgeschwindigkeiten von 240 bis 260 km/h erzielen. Im Vergleich zu anderen Luftfahrzeugen ist der Hubschrauber also recht langsam.

Die Hubschrauber können ihre Maximalgeschwindigkeiten im allgemeinen in der Praxis gar nicht ausnutzen, weil bei Geschwindigkeiten von mehr als 240 km/h meist starke Rollmomente und Vibrationen auftreten.

Im Vorwärtsflug haben die Rotorblätter in jeder Phase des Umlaufs ungleiche

Anströmgeschwindigkeiten. Bei den Blättern, die sich nach vorn, also in die Flugrichtung, bewegen, addiert sich die Rotationsgeschwindigkeit mit der Vorwärtsgeschwindigkeit.

Im Gegensatz dazu werden die rückwärtsdrehenden Blätter nur mit der Differenz von Umlaufs- und Fluggeschwindigkeit umströmt. Dadurch entsteht im Vorwärtsflug am Rotor ein unsymmetrischer Auftrieb. Die angreifenden Luftkräfte ändern sich je nach der Stellung der Rotorblätter.

Um diese wechselnden Auftriebskräfte etwas auszugleichen, müssen die Rotorblätter durch Schlaggelenke mit dem Rotorkopf verbunden werden. Weiterhin kann die unsymmetrische Blattanströmung durch die zyklische Blattwinkelverstellung etwas kompensiert werden. Das geschieht in der Weise, daß die nach vorn drehenden Blätter nur einen geringen Anstellwinkel erhalten, während der Blattwinkel der rückwärtslaufenden Rotorblätter vergrößert wird.

Bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten ist es möglich, die ungleichen Auftriebskräfte und die damit verbundenen Rollmomente durch Schlaggelenke und die zyklische Blattwinkelverstellung noch zum großen Teil auszugleichen. Mit wachsender Vorwärtsgeschwindigkeit wird aber die Kompensation der unsymmetrischen Anströmung immer schwieriger, denn der Anstellwinkel der rückwärtsdrehenden Blätter kann ja nicht beliebig vergrößert werden, weil bei einer steilen Blattanstellung die Strömung abreißen würde. Abgesehen von der Auftriebsverminderung hätte das wiederum starke Erschütterungen zur Folge.

Bei hohen Fluggeschwindigkeiten treten auch noch andere unangenehme Erscheinungen auf, und zwar sowohl an den vorwärtslaufenden Rotorblättern als auch an den Drehflügeln, die sich nach rückwärts bewegen.

Bei den Blättern, die sich nach vorn drehen, besteht bei hoher Vorwärtsgeschwindigkeit die Gefahr, daß die Anströmgeschwindigkeit der Blattspitzen in die Nähe der Schallgrenze kommt. Das ist sehr leicht möglich, denn die Blattanströmgeschwindigkeit setzt sich ja aus der Rotations- und Vorwärtsgeschwindigkeit zusammen. Ein einfaches Beispiel soll das verdeutlichen. Wenn der Rotor eines Hubschraubers einen Durchmesser von 20 m hat und je Minute 200 Umdrehungen macht, dann ergibt sich allein durch das Rotieren der Drehflügel eine Blattspitzen-Geschwindigkeit von rund 750 km/h. Wenn noch eine Vorwärtsgeschwindigkeit von 200 km/h vorhanden ist, dann beträgt die Anströmgeschwindigkeit an den äußeren Blattenden insgesamt etwa 950 km/h = rund 0.8 Mach. Eine weitere Geschwindigkeitserhöhung wäre also in diesem Falle kaum möglich, weil dann die Vibration zu stark würde.

Auch an den rückläufigen Rotorblättern machen sich bei hohen Fluggeschwindigkeiten sehr nachteilige aerodynamische Erscheinungen bemerkbar. Die Ursachen für diese Störungen sind darin zu suchen, daß die Rotationsgeschwindigkeit an den inneren Partien des rückwärtsdrehenden Blattes nur wenig größer ist als die Anblasengeschwindigkeit des ganzen Rotors aus der Vorwärtsfahrt. Bei einer hohen Rotorbelastung reißt dadurch die Strömung ab. Dicht an der Rotornabe kann die Rotor-Umdrehungsgeschwindigkeit sogar kleiner sein als

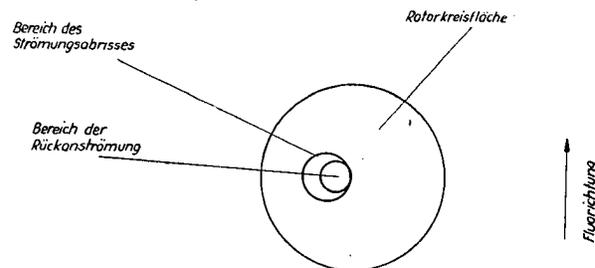


Abb. 24 Darstellung der Strömungsverhältnisse beim schnellen Vorwärtsflug

die Fluggeschwindigkeit, so daß das rücklaufende Blatt ganz innen teilweise von hinten angeströmt wird (Abbildung 24). Durch den Abriß des Auftriebes und infolge der Rückströmung treten ebenfalls große Widerstände und Schwingungserscheinungen auf, die die Höchstgeschwindigkeit der Hubschrauber beschränken.

All diese negativen Faktoren führen dazu, daß die derzeitige Geschwindigkeitsgrenze (rd. 260 km/h) mit „reinen“ Hubschraubern kaum überschritten werden kann.

Für viele Aufgaben, zum Beispiel für den Einsatz in der Landwirtschaft, für Kranflugarbeiten, genügt die derzeitige niedrige Fluggeschwindigkeit vollkommen. Für eine Reihe anderer Einsatzbereiche – insbesondere für den Passagierverkehr – wird aber eine bedeutend höhere Geschwindigkeit gefordert. Für ein Verkehrsmittel ist die Reisegeschwindigkeit neben der Sicherheit und der Wirtschaftlichkeit der maßgebende Faktor für die Verwendungsmöglichkeit.

Deshalb beschäftigt man sich bereits seit Jahren intensiv mit diesen Fragen. Die Arbeiten zur Vergrößerung der Hubschrauber-Fluggeschwindigkeit werden dabei hauptsächlich auf zwei Schwerpunkte konzentriert, und zwar

- auf die Verbesserung des Rotorsystems und
- auf den Anbau von Hilfstragflügeln.

Die Verbesserung der Rotoranlage soll die ungleichförmige Blattanströmung verringern und die Belastung der einzelnen Blätter herabsetzen. Die Verringerung der Flächenbelastung läßt sich hauptsächlich durch eine Vergrößerung der Zahl der tragenden Rotorblätter erzielen. Diese Erkenntnis wird bereits in der Praxis angewendet, denn die Rotoren der modernen Großhubschrauber besitzen meist vier oder fünf Blätter. Früher waren nur zwei- oder dreiblättrige Rotoren üblich. Der ungleichförmigen Blattanströmung will man durch „gesteuerte Schwenkbewegungen“ der Blätter entgegenwirken.

Eine weitere Möglichkeit, die Fluggeschwindigkeit zu steigern, besteht darin, den Hubschrauber mit kleinen starren Tragflächen zu versehen. Die Kombination eines „reinen“ Hubschraubers mit einem zusätzlichen Hilfstragflügel wird als *Verbundhubschrauber* bezeichnet. Der Hilfstragflügel hat die

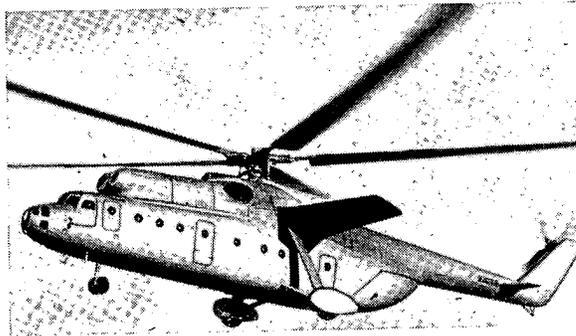


Abb. 25  
Großhubschrauber Mi-6  
mit zusätzlichen  
Hilfstragflächen

Aufgabe, im Vorwärtsflug einen Teil des erforderlichen Auftriebs zu erzeugen, um dadurch den Rotor zu entlasten. Wenn der Rotor nicht mehr den gesamten Auftrieb liefern muß, kann er mit einem kleineren Anstellwinkel arbeiten. Das hat vor allem den Vorteil, daß das Vibrationsniveau gesenkt wird, weil durch die geringere Belastung der Drehflügel das Überziehen der rücklaufenden Blätter verzögert wird. Die Verbundhubschrauber erreichen deshalb eine um 20 bis 50 km/h höhere Horizontalgeschwindigkeit als Hubschrauber ohne Zusatztragflächen.

Der sowjetische Großhubschrauber Mi-6, der im November 1959 mit 269,22 km/h eine neue Geschwindigkeits-Weltbestleistung für Hubschrauber aller Klassen aufstellte, war bei diesen Rekordflügen mit kleinen starren Tragflächen versehen (Abbildung 25).

Die Verbindung des Rotors mit einer festen Zusatztragfläche bringt jedoch auch Nachteile mit sich, weil der Hilfstragflügel im Bereich des Rotorluftstromes liegt und dadurch ein Leistungsverlust entsteht. Das macht sich besonders beim Start und im Schwebeflug bemerkbar. Je größer die starren Tragflächen ausgelegt sind, um so schlechter wird die Auftriebsleistung des Rotors. Dieser Faktor wirkt sich vor allem bei einrotorigen Typen sehr nachteilig aus, weil der Hilfstragflügel – wie der Rotor – am Schwerpunkt angesetzt werden muß und deshalb völlig innerhalb des Rotorwindes liegt.

Beim Tandemhubschrauber läßt sich dieser Nachteil zum Teil vermeiden, wenn man den starren Flügel in der Mitte des Rumpfes – also zwischen den beiden Drehflügeln – anbringt. Das Tandemprinzip eignet sich deshalb besser zum Verbundhubschrauber als die einrotorige Bauweise.

#### **Stabilität und Steuerung**

Für jedes Luftfahrzeug – also auch für den Hubschrauber – ist ein stabiles Verhalten während des Fluges in vieler Hinsicht von großer Bedeutung.

Der Hubschrauber hat allerdings in dieser Beziehung ungünstige Eigenschaften. Die gegenwärtigen Hubschrauber – besonders die einrotorigen Typen –

haben eine unzureichende Stabilität. Dadurch wird vor allem die Steuerung sehr erschwert.

Steuerungs- und Stabilitätsfragen waren schon immer ein schwieriges Problem im Hubschrauberbau. In diesem Rahmen soll nur auf einige grundsätzliche Probleme und Besonderheiten hingewiesen werden.

Unter Stabilität versteht man das Bestreben eines Luftfahrzeuges, nach einer Störung (zum Beispiel einer Bö) ohne zusätzliche Steuerbewegungen wieder in die normale Fluglage zurückzukehren. Es ist verständlich, daß sich diese Eigenschaft für die Steuerung und auch für die Flugsicherheit sehr vorteilhaft auswirkt.

Beim üblichen Starrflügler ist das Stabilitätsproblem im wesentlichen gelöst. Anders ist es dagegen beim Hubschrauber.

Allein aus der Tatsache, daß der Hubschrauber eine große Wendigkeit und Manövrierfähigkeit besitzt, geht eigentlich schon hervor, daß sein Flug nicht sehr stabil sein kann, denn Wendigkeit und Stabilität stehen ja prak'tisch im Widerspruch. Die Wendigkeit ist zwar eine sehr vorteilhafte Eigenschaft des Hubschraubers, aber für viele Aufgaben – insbesondere für den Verkehrseinsatz – ist vor allem eine ruhige Fluglage, eine gute Stabilität erforderlich.

Man kann zwar nicht sagen, der Hubschrauber sei grundsätzlich instabil, wie manchmal behauptet wird. Trotzdem sind beim Hubschrauber in dieser Hinsicht noch viele Verbesserungen erforderlich.

Der Pilot eines modernen Starrflügelflugzeugs ist nach dem Start normalerweise keinen großen Beanspruchungen ausgesetzt. Wenn die Maschine gestartet und entsprechend ausgetrimmt ist, braucht er die Steuerung kaum noch zu betätigen. Er schaltet die automatische Selbststeuerung (Autopilot) ein, und die Maschine fliegt praktisch von selbst.

Der Hubschrauberpilot hat es dagegen nicht so einfach. Er kann das Steuer nicht loslassen, denn er muß ständig den „Ausbrechtendenzen“ durch entsprechende Steuerbewegungen entgegenwirken.

Daß sich zwischen Hubschrauber und Starrflügler bezüglich der Steuerung und Stabilität so starke Unterschiede ergeben, ist wiederum auf die unterschiedlichen Konstruktionsprinzipien dieser beiden Luftfahrzeuge zurückzuführen.

Das aerodynamische Verhalten eines Fluggerätes wird maßgeblich von der Lage des Schwerpunktes bestimmt. Es wurde bereits erwähnt, daß sich in dieser Beziehung besonders bei einrotorigen Typen einige Probleme ergeben: diese Hubschrauber „hängen“ während des Fluges nur an der Rotorwelle, die von den Drehflügeln getragen wird. Bei dieser „Einzelaufhängung“ ist natürlich die Schwerpunktlage von besonderer Wichtigkeit. Der Schwerpunkt muß genau unter dem Rotorkopf liegen, damit die Auftriebskraft direkt am Schwerpunkt angreifen kann.

Bei Gewichtsverlagerungen wird die Längsstabilität (sog. Kippstabilität) der einrotorigen Hubschrauber stark beeinträchtigt. Wenn der Schwerpunkt zum

Beispiel nach hinten verlagert wird, dann wird der Hubschrauber schwanzlastig und bäumt sich vorn auf. Durch eine entsprechende Bö kann diese Aufbäumtendenz noch unterstützt werden. Der Hubschrauberpilot muß diese „Aufschaukelungsbewegungen“ durch eine schnelle Steuerbewegung ausgleichen. Um diese unangenehmen Drehungen um die Querachse etwas zu dämpfen, werden bei den meisten Hubschraubern am Hecksteiß waagerechte Stabilisierungsflossen angebracht. Trotz dieser Dämpfungsflossen haben die einrotorigen Baumuster wegen des geringen Schwerpunktbereiches eine schlechte Längsstabilität.

Hubschrauber der Tandembauart haben dagegen eine bessere Längsstabilität, weil sich bei dieser Rotoranordnung am Bug oder am Heck starke Auftriebskräfte erzeugen lassen, so daß der Tandemhubschrauber entsprechend ausgetrimmt werden kann.

Auch bezüglich der Kursstabilität (Einhaltung der Flugrichtung) hat der Tandemhubschrauber günstigere Voraussetzungen. Die an beiden Rotoren auftretenden Drehmomente heben sich ja gegenseitig auf, so daß sich in dieser Hinsicht keine besonderen Schwierigkeiten ergeben. Durch die große seitliche Rumpffläche und mit Hilfe zusätzlicher Seitenleitwerke läßt sich beim Tandemhubschrauber eine relativ gute Richtungsstabilität erzielen. Allerdings tritt beim Tandemhubschrauber bei größeren Vorwärtsgeschwindigkeiten auch eine gewisse dynamische Instabilität auf, weil bei hohen Fluggeschwindigkeiten der hintere Rotor in den Abwind des vorderen Drehflügels gerät.

Bei einrotorigen Hubschraubern mit Wellenantrieb ist aber die Einhaltung der Flugrichtung viel schwieriger, denn hier muß ja noch der Drehmomentausgleich berücksichtigt werden. Zur Dämpfung der Kursabweichung wird oft der Träger der Heckschraube als eine Art Seitenleitwerk ausgelegt (vgl. z. B. Mi - 6). Durch diese Seitenflosse läßt sich die Richtungsstabilität im Vorwärtsflug etwas verbessern.

Die Kursstabilität der Hubschrauber ist darüber hinaus in starkem Maße von der Fluggeschwindigkeit abhängig. Mit zunehmender Vorwärtsgeschwindigkeit verbessert sich auch die Richtungsstabilität, weil dann stärkere Luftkräfte an den Leitwerkflächen wirksam werden.

Wer das anscheinend mühelose Schweben und Fliegen eines Hubschraubers sieht, könnte annehmen, daß die Bedienung eines solchen Fluggeräts eine leichte und einfache Sache sei. Das ist nicht so.

Die Steuermomente eines Hubschraubers werden nicht oder nur zu einem geringen Teil durch Ruderwirkungen hervorgerufen, sondern hauptsächlich durch den Drehflügel. Der Hubschrauberrotor dient nicht nur der Auftriebs- und Vortriebserzeugung, sondern gleichzeitig auch der Steuerung. Durch Verstellen der Rotorblätter und durch Verschieben der Rotorkreisfläche nach hinten oder nach den Seiten wird der Hubschrauber gesteuert.

Während der Pilot eines Starrflüglers durch den Druck des Höhen- bzw. Seitenruders ein „Gefühl“ für die Steuerung erhält, empfindet der Hubschrauber-

pilot bei Änderungen der Fluglage keine Steuerdrücke. Dadurch kann beim Starrflügler der Flugzustand bzw. die Änderung der Fluglage besser beurteilt werden als beim Hubschrauber.

Die Kurssteuerung geschieht bei einrotorigen Baumustern mit Wellenantrieb durch die Heckschraube, die somit gleichzeitig als Seitenruder dient. Mit dem Heckrotor läßt sich auch der Hubschrauber um die vertikale Achse drehen. Dieses Seiten-„Ruder“ wird durch Fußhebel bedient, indem der Blattanstellwinkel des Heckpropellers verändert wird.

Bei einrotorigen Hubschraubern mit Blattantrieb oder bei der koaxialen Rotoranordnung ist allerdings die Seitensteuerung einfacher, weil hier kein Gegen-drehmoment auftritt. Im Vorwärtsflug ist deshalb bei diesen Typen die Seitensteuerung durch Heckflossen möglich. Die Kurssteuerung kann ebenfalls noch durch Strahldüsen vorgenommen werden, die seitlich des Rumpfes angebracht sind. Durch Änderung der Schubstärke läßt sich die gewünschte Richtungsänderung erzielen.

Die Seitensteuerung der Tandemhubschrauber geschieht dadurch, daß der Anstellwinkel der Rotoren zyklisch verstellt wird oder daß die beiden Rotoren seitlich in entgegengesetzter Richtung gekippt werden.

Die Höhensteuerung geschieht bei allen Hubschraubern grundsätzlich durch Verstellen des Anstellwinkels der Rotorblätter bzw. durch Änderung der Umdrehungsgeschwindigkeit der Rotoren. Der Steig- bzw. Sinkflug wird in der Regel durch den Blattverstellhebel reguliert. Hierbei muß der Pilot aber beachten, daß bei vergrößerter Blattanstellung zugleich auch mehr Gas gegeben wird. Die Rotordrehzahl muß ständig überprüft werden, denn wenn der Drehflügel keine genügende Umlaufgeschwindigkeit hat, reißt die Strömung ab, und der Hubschrauber ist nicht flugfähig.

Viele Baumuster haben aber bereits eine automatische Drehzahlregulierung. Die Blattverstellung ist mit dem Gashebel gekoppelt, so daß bei Vergrößerung des Blattanstellwinkels gleichzeitig auch mehr Gas gegeben wird. Dadurch wird der Pilot wesentlich entlastet.

Der Hubschrauberführer muß bei der Steuerung einrotoriger Baumuster mit Wellenantrieb stets noch berücksichtigen, daß sich mit der Änderung der Auftriebskraft gleichzeitig auch das Gegendrehmoment ändert. Der Pilot muß also beim Gasgeben auch den Anstellwinkel des Heckrotors vergrößern, um das erhöhte Drehmoment auszugleichen. Die fortwährende Änderung der Stärke des Drehmoments und die entsprechende Regulierung bereitet bei der Steuerung mit die größten Schwierigkeiten. Es wäre deshalb sehr wünschenswert, wenn bei allen Hubschraubern mit Heckschraube auch eine automatische Einrichtung zur Regelung des Drehmomentausgleichs eingebaut würde. Der Anstellwinkel des Heckrotors müßte also entsprechend des jeweiligen Reaktionsmomentes des Hauptrotors verstellt werden. Auch eine solche Einrichtung würde dem Piloten bei Fluglageänderungen viel Arbeit abnehmen.

Der Drehmomentausgleich mit Heckschraube bringt in fliegerischer Hinsicht noch eine weitere Schwierigkeit mit sich, denn durch die Heckschraube wird auf den gesamten Hubschrauber ein seitlicher Schub ausgeübt. Der Hubschrauber wird also etwas in der Schubrichtung der Heckschraube abgetrieben. Auch diese Abdrifttendenz muß der Hubschrauberpilot bei der Navigation entsprechend berücksichtigen und ausgleichen.

Vom Hubschrauber wird gesagt, er gestatte beinahe alles, aber er entschuldige keine Unterlassung. Das stimmt. Der Hubschrauber verlangt vom Piloten höchste Aufmerksamkeit und höchste Konzentration, wie sie sonst bei keinem anderen Fluggerät notwendig ist. Vor allem ist auch ein schnelles Reaktionsvermögen erforderlich, weil sämtliche Steuerorgane genauestens aufeinander abgestimmt werden müssen. Besonders bei einrotorigen Hubschraubern mit Wellenantrieb ist die Flugtechnik wegen des auftretenden Drehmoments außerordentlich kompliziert und mit einer hohen physischen Belastung des Fliegers verbunden. Die Hubschraubersteuerung ist fliegerische Schwerarbeit.

Vor allem bei Flugschülern, die die Bedienung eines Hubschraubers noch nicht gewöhnt sind, ist die geistige und körperliche Beanspruchung sehr groß und führt zu schnellen Ermüdungserscheinungen. In der Anfangsperiode der Ausbildung können die Hubschrauber-Flugschüler deshalb täglich höchstens zwei Stunden fliegen.

Man ist sich darüber einig, daß die Flugtechnik des Hubschraubers eine gründliche Ausbildung erfordert und spezielle Flugerfahrung verlangt. Kein Pilot schaut heute mehr geringschätzig auf die „Windmühlenflieger“. Im Gegenteil, die Prüfung als Hubschrauberführer gilt als eine Art „Hohe Schule“ im Flugwesen, und mit Recht gehören die Hubschrauberpiloten zu den bestbezahlten Fliegern.

Die gegenwärtigen Unzulänglichkeiten auf dem Gebiet der Flugstabilität und die vorhandenen Schwierigkeiten in der Steuerung des Hubschraubers wirken sich sehr nachteilig auf die volle Einsatz- und Verwendungsfähigkeit dieses Fluggeräts aus.

Wegen der mangelhaften Stabilität wird vor allem der Einsatz des Hubschraubers unter Schlechtwetterbedingungen sehr erschwert. Zur Zeit kann sich der Hubschrauberpilot kaum mit der Navigation befassen, weil er sich ständig um die Steuerung kümmern muß. Der Instrumentenflug kann deshalb nur von erfahrenen Piloten nach intensiver Ausbildung ausgeführt werden. Die öffentliche Personenbeförderung ist zur Zeit in den meisten Ländern im Interesse der Sicherheit nur nach Sichtflugbedingungen gestattet. Die Schaffung automatischer Stabilisierungseinrichtungen ist deshalb eine wesentliche Voraussetzung für den künftigen Blindflug im Hubschrauberluftverkehr. Die Allwettertauglichkeit des Verkehrshubschraubers ist fast ausschließlich von den Verbesserungen auf diesem Gebiet abhängig.

### **Flugsicherheit**

Wenn sich auch beim Hubschrauber hinsichtlich der Stabilität und Steuerung einige Schwierigkeiten ergeben, so ist doch grundsätzlich festzustellen, daß der Hubschrauber in bezug auf die Sicherheit günstige Voraussetzungen hat. Auf Grund seiner Flugeigenschaften kann er bei schlechten Sichtverhältnissen oder plötzlich auftretenden Hindernissen leicht ausweichen. Das alles sind große Vorteile gegenüber dem Starrflügler. Für die Betriebssicherheit ist weiterhin sehr wesentlich, daß der Hubschrauber eine bedeutend niedrigere Anflug- und Landegeschwindigkeit hat als das normale Flugzeug. Die geringe Landegeschwindigkeit ist als ein sehr positiver Faktor zu werten, denn die häufigste Zahl aller Flugunfälle entsteht ja bekanntlich bei allen Luftfahrzeugen bei der Landung.

Entsprechende wissenschaftliche Untersuchungen haben ergeben, daß die Unfallhäufigkeit beim Landen progressiv mit der Aufsetzgeschwindigkeit ansteigt. In dieser Hinsicht ist der Hubschrauber den Starrflüglern beträchtlich überlegen, denn der Hubschrauber kann eine Aufsetzgeschwindigkeit von fast Null erreichen. Beim Hubschrauber wird deshalb ein Unfall meist nicht so schwerwiegend sein wie bei einem mit hoher Geschwindigkeit landenden Flugzeug.

Die wertvollste Sicherheitseigenschaft des Hubschraubers ist aber die Fähigkeit, daß bei einem Triebwerkschaden der Drehflügel auf den Tragschrauberzustand umgeschaltet werden kann und der Hubschrauber im „Autorotationsflug“ relativ sicher zu Boden kommt.

Normalerweise strömt beim Hubschrauber die Luft von oben nach unten durch die Rotoren. Im Autorotationszustand wird der Hubschrauber jedoch vom Fahrtwind angetrieben, so daß die Luft – wie beim Tragschrauber – von unten nach oben über die Rotorblätter strömt.

Da sich beim Autorotationsflug die Strömungsverhältnisse ändern, müssen natürlich auch die Blätter anders eingestellt werden. Das Umschalten der Blätter und das Auskuppeln des Motors muß innerhalb einer Sekunde nach Ausfall des Triebwerks geschehen. Sonst sackt der Hubschrauber sofort durch, weil die Blätter überzogen werden. Ein Gleitflug ist dann nicht mehr möglich. Es wäre deshalb für die Sicherheit sehr vorteilhaft, wenn künftig sämtliche Hubschraubertypen mit einer Einrichtung versehen würden, die bei Triebwerkschaden die Rotorblätter automatisch auf den Tragschrauberzustand umschaltet.

Im schrägen Gleitflug ergeben sich Sinkgeschwindigkeiten von etwa 5 bis 8 m/s. Der Hubschrauber setzt jedoch nicht mit dieser noch recht hohen Geschwindigkeit auf den Boden auf, denn in der letzten Phase vor der Landung wird der Hubschrauber durch die Wirkung des Luftpolsters in der Sinkgeschwindigkeit bedeutend abgebremst. Das Abfangen des Hubschraubers geschieht durch plötzliche Verkleinerung des Anstellwinkels der Rotorblätter. Das führt zu einer kurzzeitigen Auftriebshöhung. Der Hubschrauber kann somit fast „sanft“ aufsetzen. Ein Pilot wird stets im Schrägflug landen und nicht durch eine senk-

rechte Autorotationslandung („Tragschraubersackflug“), denn hierbei betragen die Sinkgeschwindigkeiten 10 bis 15 m/s, so daß eine bruchlose Landung in Frage gestellt ist.

Eine Autorotationslandung ist aber nicht in allen Fluglagen bzw. -höhen möglich. In Abbildung 26 sind diese „gefährlichen“ Flugbereiche, in denen eine

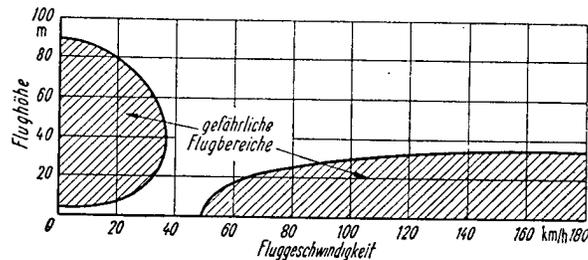


Abb. 26 Diagramm der „gefährlichen Flugbereiche“ der Hubschrauber (nach Bode)

Tragschrauberlandung nicht vorgenommen werden kann, graphisch dargestellt. Die „gefährlichen“ Flugbereiche stellen natürlich nur Mittelwerte dar. Die Gefahrenzone der Hubschrauber sind nicht gleich, und bei den verschiedenen Hubschraubertypen ergeben sich gewisse Abweichungen.

Bei der Autorotationslandung spielen u. a. auch die Dichte und Temperatur der Luft, die Windrichtung sowie die Erfahrung und Geschicklichkeit des Piloten eine große Rolle.

Die Fähigkeit der Autorotationslandung ist zwar eine sehr wertvolle Eigenschaft, aber trotzdem noch keine ideale Sicherheitsgrundlage, denn sie bleibt stets eine Notlandung. Vor allem für den Verkehrshubschrauber als Zubringer vom Stadtzentrum zum Flughafen genügt dieser Sicherheitsfaktor nicht, weil im Stadtgebiet nicht immer entsprechendes Notlandegebiet vorhanden ist. Besonders für den Verkehrseinsatz müssen deshalb zweimotorige Baumuster gefordert werden, die bei Ausfall eines Triebwerks noch flugfähig sind.

Auf Grund seiner Kompliziertheit ist der Hubschrauber recht störanfällig. Eine weitere Vereinfachung der Konstruktion würde deshalb auch zur Erhöhung der Flugsicherheit beitragen. In den letzten Jahren konnte aber bereits die Zuverlässigkeit der technischen Einrichtungen des Hubschraubers beträchtlich verbessert werden, so daß die Unfallursachen infolge materieller Mängel ganz erheblich abgenommen haben.

Neben diesen materiellen Faktoren wird die Flugsicherheit des Hubschraubers aber auch noch durch menschliche Mängel und Schwächen beeinträchtigt. Bedienungsfehler des Personals sind auch beim Hubschrauber die hauptsächlichste Unfallursache. Automatische Steuerung- und Stabilisierungseinrichtungen können den Piloten wesentlich entlasten.

### ***Wirtschaftlichkeit des Hubschraubers***

Nach der Sicherheit ist die Wirtschaftlichkeit der ausschlaggebende Faktor für die Verwendungsfähigkeit eines Luftfahrzeuges.

Besonders beim Hubschrauber muß die Frage nach der Wirtschaftlichkeit stets hervorgehoben werden, denn oft sieht man bei diesem Fluggerät nur die besonderen Fähigkeiten und die vielseitigen Einsatzmöglichkeiten, nicht aber die Kosten.

Das Wirtschaftlichkeitsproblem ist beim Hubschrauber eine sehr schwierige Frage, die von vornherein nicht eindeutig beantwortet werden kann. Es ist keineswegs so, daß der Hubschrauber „grundsätzlich unwirtschaftlich“ ist, wie man oft lesen und hören kann. Tatsache ist allerdings: der Hubschrauber ist in seinen Anschaffungs- und Betriebskosten ein relativ teures Fluggerät. Sein Einsatz ist in der Regel recht kostspielig. Bei der Beurteilung der Wirtschaftlichkeit des Hubschraubers darf man jedoch nicht nur das Verhältnis von Kosten zu Einnahmen sehen, sondern man muß von der Wirtschaftlichkeit im Rahmen der gesamten Volkswirtschaft ausgehen.

Es gibt viele spezielle Aufgaben, wo die Zweckmäßigkeit und die Richtigkeit der Verwendung des Hubschraubers nicht eindeutig nach Mark und Pfennig bewiesen werden kann. Wer wird zum Beispiel nach der Wirtschaftlichkeit fragen, wenn es um das Leben von Menschen geht und keine andere Rettungsmöglichkeit vorhanden ist? In solchen Fällen ist die Nützlichkeit und damit auch die Wirtschaftlichkeit des Hubschraubers ohne Zweifel.

Im Zusammenhang mit diesen Betrachtungen muß stets auch noch berücksichtigt werden, daß es sich beim Hubschrauber noch um ein junges Fluggerät handelt, dessen Entwicklung noch keinesfalls abgeschlossen ist. Im Laufe der nächsten Jahre werden sich zweifellos auch hinsichtlich der Rentabilität Verbesserungen erzielen lassen, denn der technische Fortschritt bestimmt auch die Wirtschaftlichkeit.

Es sollen hier nur einige technisch-ökonomische Kennziffern von Hubschraubern untersucht werden. Solche Kennziffern sind recht aufschlußreich. Sie geben einen ersten Überblick über einige wichtige technisch-wirtschaftliche Merkmale des Hubschraubers. Im Rahmen dieser Arbeit können die ermittelten Kennziffern allerdings nur sehr kurz, fast nur stichwortartig, besprochen werden.

In der Tabelle 1 werden zunächst die Zuladungsanteile und die Anteile der Nutzlast einer Reihe von Hubschraubern mit einigen bekannten Starrflügler-Baumustern gegenübergestellt.

Zum Vergleich wurde auch ein Kombinationsflugschrauber und ein Kurzstartflugzeug mit angeführt. Es muß noch erwähnt werden, daß alle Zahlen, die in dieser Tabelle angegeben sind, Maximalwerte darstellen.

50

Vergleich der Zuladungs- und Nutzlastanteile verschiedener Hubschrauber mit einigen bekannten Starrflügler-Baumustern

Tabelle 1

Baumuster	Startmasse kg	Zuladung kg	Nutzlast kg	Zulad.-Anteil %	Nutzl.-Anteil %
<b>Hubschrauber</b>					
SO 1221 „Djinn“	760	430	270	57	36
Kamow – Ka – 18	1 310	300	200	23	15
SM – 1	2 250	465	280	21	12
SE 3160 „Alouette III“	2 100	1 060	700	50	33
Mil Mi – 4	7 200	2 300	1 600	32	22
Vertol V – 107	8 350	3 250	2 200	39	26
Westland „Westminster“	15 000	5 250	3 760	35	25
<b>Starrflügler</b>					
Super Aero	1 600	640	290	40	18
AN – 2	4 800	1 500	900	31	19
IL – 14 P	17 500	5 000	3 300	29	19
Fokker F – 27	15 660	5 940	4 000	38	26
<b>Kombinationsflugschrauber</b>					
Fairey „Rotodyne II“	24 300	8 400	5 400	35	22
<b>Kurzstartflugzeug</b>					
Bréguet 942	20 000	9 050	5 000	45	25

Das Verhältnis von Zuladung bzw. Nutzlast zur gesamten Startmasse wird als eine Art „wirtschaftlicher Gütewert“ der Konstruktion angesehen. Die Zuladung besteht aus der Betriebszuladung (Kraftstoff, Schmierstoff und Besatzung) und der Nutzlast. Rüstmasse und Zuladung ergeben die Startmasse.

Beim Betrachten der Tabelle ist zunächst festzustellen, daß – trotz der großen Unterschiede in der Konstruktion – sowohl der Zuladungsanteil als auch der Nutzlastanteil beim Hubschrauber und Starrflügler nicht wesentlich voneinander abweichen. Der Zuladungsanteil liegt – abgesehen von einigen Extremwerten – bei allen Baumustern zwischen 30 und 45 Prozent. Auch die „Rotodyne“ und das Kurzstartflugzeug Bréguet 942 liegen in diesem Rahmen.

Bei den Hubschraubern geht deutlich hervor, daß die Baumuster, die bereits mit Gasturbinen ausgerüstet sind (SO 1221 „Djinn“, SE 3160 „Alouette III“, Vertol V - 107 und Westland „Westminster“), wegen der geringeren Triebwerksmasse einen größeren Zuladungsanteil haben als Kolbenmotor-Hubschrauber. Besonders günstig ist der Zuladungsanteil beim Düsenhubschrauber „Djinn“.

Bezüglich des Nutzlastanteils ergeben sich insgesamt etwa die gleichen Relationen. Der Anteil der Nutzlast ist eine wichtige Kennziffer der Wirtschaftlichkeit. Je größer der Anteil der Nutzlast an der Gesamtmasse ist, um so wirtschaftlicher wird in der Regel ein Luftfahrzeug sein.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß bei Luftfahrzeugen zwischen Reichweite und Nutzlast ein umgekehrt proportionales Verhältnis besteht. Das heißt, je größer die Reichweite sein soll, um so mehr muß Kraftstoff auf Kosten der Nutzlast mitgenommen werden.

Die beim Baumuster „Alouette III“ angegebene Nutzlast von 700 kg entspricht beispielsweise nur einer Reichweite von 100 km. Bei 300 km Flugstrecke können nur 540 kg Nutzlast befördert werden. Ähnlich sind die Verhältnisse auch bei den anderen Typen. Exakt lassen sich diese Relationen an Hand eines Nutzlast-Reichweitendiagramms darstellen. In diesem Rahmen ist es jedoch nicht möglich, näher auf ein solches Spezialproblem einzugehen.

Weitere wichtige technisch-wirtschaftliche Bewertungsgrößen sind die auf die Anzahl der Passagierplätze bezogene Leermasse und die auf einen Sitzplatz entfallende Antriebsleistung (vgl. Tabelle 2).

Auch bei diesen Kennziffern ist jedoch zu berücksichtigen, daß bei den Starrflüglern die AN - 2 und auch die IL - 14 eine verhältnismäßig große Leermasse haben. Die etwas ungünstigen Verhältnisse beim SM - 1 und beim Mi - 4 sind auf die robuste Bauweise zurückzuführen.

Sehr aufschlußreich ist der Vergleich der installierten Antriebsleistung je Sitzplatz. Die Hubschrauber haben in der Regel eine erheblich höhere Triebwerksleistung je Sitzplatz als die Flugzeuge. Beim Starrflügler müssen die Motoren lediglich den Vortrieb erzeugen. Den erforderlichen Auftrieb liefern die Tragflächen. Normale Hubschrauber besitzen jedoch keine Tragflächen, so daß durch die Rotoren sowohl der Auftrieb als auch der Vortrieb erzeugt werden muß. Auf Grund dieser aerodynamischen Besonderheit benötigen die Hubschrauber normalerweise stärkere Triebwerke als Starrflügler gleicher Größe.

55 *Leermasse je Sitzplatz und Antriebsleistung je Sitzplatz bei Hubschraubern und Starrflüglern*

Tabelle 2

Baumuster	Max. Sitzplatzzahl (Passagiere)	Leermasse kg	Antr.-Lstg. PS	Leermasse / Sitzplatz kg	Antr.-Lstg. / Sitzplatz PS
<b>Hubschrauber</b>					
SO 1221 „Djinn“	1	330	240	330	240
Kamow Ka - 18	2	1 010	260	337	130
SM - 1	3	1 785	525	595	175
SE 3160 „Alouette III“	6	1 040	700	173	117
Mil Mi - 4	12	4 900	1 700	408	142
Vertol V - 107	25	5 100	2 940	204	118
Westland „Westminster“	45	9 750	6 390	217	142
<b>Starrflügler</b>					
Super Aero	3	960	210	320	70
AN - 2	9	3 300	760	367	84
IL - 14 P	32	12 500	3 800	391	119
Fokker F - 27	40	9 720	3 200	243	80
<b>Kombinationsflugschrauber</b>					
Fairey „Rotodyne II“	60	15 900	10 500	265	175
<b>Kurzstartflugzeug</b>					
Bréguet 942	50	10 950	5 000	219	100

Aus der Tabelle 2 geht weiterhin hervor, daß die Kombinationsflughubschrauber zumindest ebenso starke Motoren brauchen wie die Hubschrauber.

Der **Anschaffungspreis** bildet bei den teuren Luftfahrzeugen ein wesentliches Kriterium zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit. Es ist deshalb notwendig, den Hubschrauber auch in dieser Hinsicht etwas näher zu untersuchen. Allerdings ist es nicht einfach, die Beschaffungspreise exakt zu analysieren, denn die Baukosten werden von einer Vielzahl von Faktoren beeinflußt.

Beim Hubschrauber sind die Anschaffungskosten in erster Linie von der Antriebsart abhängig. Der übliche Hubschrauber mit Wellenantrieb ist bedeutend teurer als ein Hubschrauber mit direktem Blattantrieb.

Der hohe Preis der wellengetriebenen Hubschrauber ist auf die teuren Getriebe- und Kraftübertragungseinrichtungen zurückzuführen. Die Gesamtkosten eines Hubschraubers mit Wellenantrieb verteilen sich auf die wichtigsten Bauteile im Durchschnitt wie folgt:\*)

Fluggerüst einschließlich Nebenteile	ca. 58 Prozent
Drehflügel	ca. 5 Prozent
Getriebe	ca. 25 Prozent
Motoren	ca. 12 Prozent.

Beachtlich ist bei diesen Zahlen, daß allein auf die Getriebeanlagen etwa 25 Prozent der gesamten Anschaffungskosten entfallen. Es muß deshalb eine Hauptaufgabe der Hubschrauberkonstruktoren sein, diese kostspieligen Kraftübertragungsorgane zu vereinfachen und damit zu verbilligen.

Die niedrigsten Anschaffungskosten haben Hubschrauber mit Staustrahltriebwerken, Pulsotriebwerken oder Raketentriebwerken, da diese Typen weder Motoren noch mechanische Getriebeanlagen besitzen.

Sämtliche Hubschrauber mit Blattantrieb haben jedoch einen hohen Kraftstoffverbrauch, so daß diese Baumuster trotz der niedrigeren Anschaffungskosten bei längerem Flugbetrieb unwirtschaftlicher sind als Hubschrauber mit Wellenantrieb. Es wird deshalb stets vom jeweiligen Verwendungszweck abhängen, ob wellengetriebene Typen oder Düsenhubschrauber eine bessere Gesamtwirtschaftlichkeit aufweisen.

Wie bei allen anderen Luftfahrzeugen, so sind auch beim Hubschrauber die Beschaffungspreise in den letzten Jahren ganz bedeutend gestiegen.

Das Ansteigen der Hubschrauberpreise ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß bei den neuzeitlichen Baumustern an Stelle der bisher üblichen Kolbenmotoren jetzt meist Gasturbinen eingebaut werden. Turbinentriebwerke sind aber in ihren Herstellungskosten zur Zeit noch erheblich teurer als Kolbenmotoren. Hinzu kommt, daß jetzt fast alle Hubschrauber mit hochwertigen

\*) Vgl. C. Pirath, „Voraussetzungen und Möglichkeiten des Hubschrauberverkehrs“, Springer-Verlag Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956, Seite 8

Funkausrüstungen versehen werden, die entsprechend viel kosten. Einige moderne Typen besitzen darüber hinaus noch automatische Steuerungs- und Stabilisierungseinrichtungen, die elektronisch arbeiten.

Beim Hubschrauber sind auch die Drehflügel mit ihren Steuereinrichtungen sehr teuer. Da die Rotorblätter starken Zentrifugalkräften und Biegemomenten ausgesetzt sind, müssen sie aus außerordentlich hochwertigen Werkstoffen gefertigt werden. Auch die Triebwerke und die Getriebearlagen müssen wegen der starken Beanspruchung durch Schwingungs- und Vibrationserscheinungen aus höchstwertigem Material hergestellt werden.

Bei einem Verkehrshubschrauber ist ferner für die Geräuschabschirmung in der Kabine und für die bequeme und komfortable Ausstattung des Flugstraumes ein großer Aufwand erforderlich. Auf diesem Gebiet sollte jedoch beachtet werden, daß der Hubschrauber ausschließlich im Kurzstreckenverkehr eingesetzt wird, so daß nicht so ein hoher Komfort wie bei Langstreckenflugzeugen notwendig ist.

Daß durch die komplizierte Bauweise und auf Grund der vielen Probleme, die sich beim Hubschrauber in aerodynamischer Hinsicht ergeben, bei diesem Fluggerät nicht nur der Fertigungsaufwand, sondern auch der Forschungs- und Entwicklungsaufwand außerordentlich hoch ist, sei nur am Rande vermerkt.

Um die Wirtschaftlichkeit eines Fluggeräts exakt feststellen zu können, muß man die entstehenden Kosten ermitteln. Die Kostengestaltung und -zusammensetzung ist jedoch in der Luftfahrt sehr umfangreich. Es ist deshalb nicht möglich, alle Kostenelemente zu behandeln.

In diesem Rahmen kann lediglich auf die Kosten eingegangen werden, die direkt beim Betrieb des Hubschraubers entstehen.

Diese Kosten werden als „**direkte Betriebskosten**“ bezeichnet. Die wichtigsten Positionen der direkten Betriebskosten sind:

- die Abschreibungen,
- die Kosten für Betriebsstoffe,
- die Kosten für Wartung und Überholung und
- die Personalkosten.

Die direkten Betriebskosten sind hauptsächlich von den technisch-ökonomischen Merkmalen des Hubschraubers abhängig. Durch die Ermittlung der direkten Betriebskosten je Flugstunde bzw. je Platzkilometer wird eine Vergleichsbasis für die Beurteilung der „spezifischen Wirtschaftlichkeit“ der verschiedenen Baumuster geschaffen.

**Abschreibungen** sind der Geldausdruck für den Verschleiß des Hubschraubers. Die Abschreibungen sind in ihrer Höhe zunächst vom Anschaffungswert abhängig.

Der zweite Faktor, der die Höhe der Abschreibungen bestimmt, ist die Lebensdauer. Unter Lebensdauer ist die mögliche Betriebs- und Einsatzzeit zu verstehen.

Beim Betrieb des Hubschraubers ist der Verschleiß der einzelnen Teile außerordentlich groß. Besonders stark werden die Drehflügel beansprucht, da die Rotorblätter während des Fluges starken Rotationskräften und Biegemomenten ausgesetzt sind.

Aber auch die anderen Hauptbestandteile des Hubschraubers, wie Zelle, Motor, Getriebe und Steuerorgane, unterliegen auf Grund der beträchtlichen Vibrations- und Schwingungserscheinungen einem hohen physischen Verschleiß.

Durch den Einsatz tritt also eine starke Wertminderung aller wichtigen Bauteile ein, so daß der Hubschrauber nur eine verhältnismäßig kurze Gesamtlebensdauer hat. Die Lebensdauer der Zelle, der Motoren und der Ausüstungsgegenstände ist beim Hubschrauber bedeutend niedriger als beim Starrflügler.

Beim Starrflügler erreichen beispielsweise die Kolbentriebwerke im Durchschnitt eine Lebensdauer von 5000 bis 6000 Stunden, beim Hubschrauber höchstens 2000 bis 3000 Stunden. Ähnlich sind die Relationen auch bei der Zelle: bei Flugzeugen etwa 20 000, beim Hubschrauber etwa 5000 bis 10 000 Flugstunden.

Die Lebensdauer der einzelnen Bauteile ist bei den verschiedenen Hubschraubertypen zum Teil sehr unterschiedlich. Das liegt vor allem an der unterschiedlichen Stärke der Vibration. Natürlich ist auch der Grad der Leistungsbeanspruchung des Triebwerks und auch die Qualität des Materials für die Lebensdauer von großer Bedeutung. Außerdem spielt auch die Konstruktion eine gewisse Rolle, denn ein ausgereifter, technisch gut durchkonstruierter und erprobter Motor wird in der Regel eine längere Lebensdauer haben als ein neuentwickeltes Triebwerk.

Die Triebwerke, die Rotoren und auch die anderen wichtigen Bauteile werden laufend verbessert, so daß mit zunehmender Betriebserfahrung in der Regel auch eine Heraufsetzung der zulässigen Gesamtlebensdauer möglich ist.

Die Schwingungserscheinungen werden sich jedoch beim Hubschrauber nie ganz beseitigen lassen, so daß die Abschreibungen des Hubschraubers – einmal wegen des höheren Anschaffungswertes und auch wegen des starken physischen Verschleißes – auch in Zukunft höher bleiben werden als beim normalen Flugzeug.

In der Regel werden die Abschreibungen nach jährlich feststehenden Sätzen berechnet, das heißt, sie werden als konstante Kosten angesehen. Bei dieser Methode werden die tatsächlich geleisteten Betriebsstunden nicht berücksichtigt. Für Luftfahrzeuge – besonders für Hubschrauber – wäre jedoch die Zeitabschreibung ökonomisch nicht richtig, da die Wertminderung – abgesehen von Witterungseinflüssen und vom moralischen Verschleiß – hauptsächlich durch die Abnutzung während des Fluges hervorgerufen wird. Der moralische Verschleiß (technische Überalterung) ist beim Hubschrauber auf Grund der niedrigen Lebensdauer verhältnismäßig unbedeutend. Auch die Witterungseinflüsse können vernachlässigt werden.

Aus diesem Grunde dürfte es richtiger sein, die Abschreibungen beim Hubschrauber als leistungsabhängige Kosten zu betrachten. Sie sind also proportional zu den Flugstunden. Für diese Methode spricht auch die Tatsache, daß die wichtigsten Hubschrauber-Bauteile eine sehr unterschiedliche Lebensdauer haben. Bei einer linearen, zeitproportionalen Abschreibung wäre deshalb eine exakte Kostenverrechnung nicht möglich.

Die Kraft- und Schmierstoffe werden als **Betriebsstoffe** bezeichnet. Der Kraftstoffverbrauch ist bei Luftfahrzeugen mit der wichtigste Kennwert für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit. Die Ausgaben für Kraftstoffe machen einen großen Teil der Gesamtkosten aus.

Bevor auf die Einzelheiten und die besonderen Probleme der Betriebsstoffkosten des Hubschraubers eingegangen wird, soll zunächst ein einfacher Vergleich hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs zwischen Hubschrauber und Starrflügler vorgenommen werden. In der Tabelle 3 wird der Kraftstoffverbrauch mehrerer Hubschraubertypen den Verbrauchswerten einiger bekannten Starrflügler gegenübergestellt.

**Vergleich des Kraftstoffverbrauchs  
zwischen Hubschrauber und Starrflügler**

Tabelle 3

Baumuster	Passagier- plätze	Kraftstoffverbrauch in kg*)	
		je 100 Flug-km	je 100 Platz-km
<b>Hubschrauber</b>			
SM - 1	3	60	20,0
Mi - 4	12	135	11,3
Jak - 24	36	290	8,1
<b>Starrflügler</b>			
Super Aero	3	21	7,0
AN - 2	9	54	6,0
IL - 14 P	32	130	4,1

Die Hubschrauber haben einen fast doppelt so hohen spezifischen Kraftstoffverbrauch wie vergleichbare Starrflügler. Der hohe Kraftstoffverbrauch des Hubschraubers ist einmal auf die hohe installierte Antriebsleistung und zum anderen auf die relativ geringe Reisegeschwindigkeit zurückzuführen. Der hohe Kraftstoffverbrauch ist beim Hubschrauber konstruktionsbedingt. Er ist ein typisches - für die Wirtschaftlichkeit allerdings sehr nachteiliges - Merkmal dieses Luftfahrzeugs.

Aus der Zusammenstellung geht noch hervor, daß sich sowohl bei den Hubschraubern als auch bei den Starrflüglern der spezifische Kraftstoffverbrauch je Platz-km umgekehrt proportional zur Sitzplatzzahl verhält. Das hängt damit

\*) Sowohl bei den Hubschraubern als auch bei den Starrflüglern wurde jeweils der mittlere Reiseverbrauch an Kraftstoff zugrunde gelegt.

zusammen, daß mit steigender Größe der Triebwerke im allgemeinen der spezifische Kraftstoffverbrauch je PS-Stunde sinkt. Je größer ein Hubschrauber ist, um so geringer sind in der Regel die Kraftstoffkosten je Leistungseinheit.

Die Kolbenmotoren benötigen außer Kraftstoff auch noch Schmierstoffe. Im Verhältnis zum Verbrauch an Flugbenzin ist der Schmierölbedarf allerdings recht gering. Im allgemeinen wird bei Flugzeugmotoren mit einem Schmierstoffverbrauch von rund 10 g je PSh gerechnet. Der Mi - 4 braucht also beispielsweise im normalen Vorwärtsflug bei einer Reiseleistung von 1100 PS je Flugstunde etwa 11 kg Motorenöl.

Es wurde bereits mehrfach betont, daß beim Hubschrauber der Kraft- und Schmierstoffverbrauch bei den verschiedenen Antriebsarten sehr unterschiedlich ist. Die oben angeführten Verbrauchskennziffern bezogen sich ausschließlich auf Hubschrauber mit Kolbentriebwerken. Der Kolbenmotor hat den niedrigsten Kraftstoffverbrauch, aber den höchsten Schmierstoffbedarf.

Die Gasturbine, die sich jetzt auch im Hubschrauberbau mehr und mehr durchsetzt, hat dagegen einen höheren Kraftstoffverbrauch als Kolbentriebwerke. Dafür benötigen die Turbinen aber fast keine Schmierstoffe. Bei Gasturbinen mit großer Leistung ist der Kraftstoffverbrauch zur Zeit etwa noch 20 bis 50 Prozent höher als bei entsprechenden Kolbenmotoren.

Da aber Gasturbinen - wie erwähnt - mit billigem Turbinenkraftstoff (Kerosin) auskommen, werden sogar Kraftstoffkosten eingespart. Kerosin ist rund 40 Prozent billiger als der übliche Flugkraftstoff.

Den höchsten Kraftstoffverbrauch haben Hubschrauber mit Strahl-Blattantrieb. Der mit Wellenantrieb arbeitende Hiller 12 E verbraucht z. B. in einer Flugstunde etwa 70 bis 75 Liter Kraftstoff, der SO 1221 „Djinn“ (Blattspitzen-Druckluftantrieb) dagegen etwa 120 Liter.

Bei Hubschraubern mit Strahltriebwerken, Pulsotriebwerken oder Raketentriebwerken an den Blattenden liegt der Kraftstoffverbrauch sogar noch höher. Bei diesen Antriebsarten ist der Treibstoffbedarf pro Flugstunde etwa 3mal so hoch wie bei den wellengetriebenen Hubschraubermustern.

Bei der Beurteilung der Gesamtwirtschaftlichkeit der Düsenhubschrauber muß jedoch wiederum der erheblich niedrigere Kraftstoffpreis berücksichtigt werden. Außerdem liegen die Strahlhubschrauber auch hinsichtlich der Anschaffungs- und Wartungskosten wesentlich günstiger als Hubschrauber mit Wellenantrieb.

Die Höhe der Betriebsstoffkosten ist auch noch vom jeweiligen Flugzustand abhängig. Der Kraftstoffverbrauch ist während der verschiedenen Flugoperationen recht unterschiedlich. Folgende Faktoren wirken hier vor allem:

- a) die Art der Flugbewegung (Start, Steigflug, Vorwärtsflug usw.),
- b) die Fluggeschwindigkeit,
- c) die Luftströmungen (Gegenwind, Seitenwind, Rückenwind),
- d) die Zuladung.

Zur genauen Ermittlung der Betriebsstoffkosten müßte eigentlich eine Spezifizierung des Kraftstoffverbrauchs nach dem jeweiligen Flugzustand vorgenommen werden, die aber in dieser allgemeinen Darstellung zu weit führen würde. Es können deshalb lediglich einige allgemeine Grundsätze angeführt werden.

Beim Start müssen die Motoren auf Vollast arbeiten, so daß während dieser Phase auch der Kraftstoffverbrauch sehr hoch ist. Auch im Steigflug wird eine große Motorleistung benötigt. Der größte Kraftstoffverbrauch ergibt sich beim Hubschrauber im Schwebeflug und bei der Höchstgeschwindigkeit.

Der niedrigste Kraftstoffverbrauch tritt im normalen Vorwärtsflug ein, weil in diesem Flugzustand etwa nur 50 bis 60 Prozent der Motor-Startleistung erforderlich ist. Darin liegt eine wichtige Besonderheit des Hubschraubers gegenüber dem normalen Flugzeug: Während beim Starrflügler mit zunehmender Fluggeschwindigkeit auch mehr Motorleistung gebraucht wird, wird beim Hubschrauber der Leistungsbedarf beim Übergang vom Schwebeflug in den Vorwärtsflug zunächst niedriger. Das Minimum des Kraftstoffverbrauchs liegt beim Hubschrauber etwa zwischen 50 und 100 km/h. Bei größerer Vorwärtsgeschwindigkeit erhöht sich der Leistungsbedarf wieder.

Daß sich beim Hubschrauber auch der Gegenwind und die Größe der Zuladung auf den Kraftstoffverbrauch auswirkt, braucht nicht besonders betont zu werden.

Der Begriff „Wartung“ wird im allgemeinen als „laufende Instandhaltung“ definiert; unter „Überholung“ ist dagegen eine periodische Instandhaltung zu verstehen. Eine klare Begriffsbestimmung und Abgrenzung ist auf diesem Gebiet noch nicht vorhanden. In diesem Zusammenhang ist das aber auch nicht so entscheidend.

Für Wartung und Überholung fallen beim Hubschrauber hohe Ausgaben an. Einmal ist der Hubschrauber in seinem mechanischen Aufbau sehr kompliziert. Dadurch müssen zwangsläufig hohe Wartungskosten entstehen. Darüber hinaus unterliegt der Hubschrauber beim Betrieb durch die starken Schwingungserscheinungen einem schnellen Verschleiß, so daß zur Gewährleistung der vollen Betriebssicherheit sehr umfangreiche und gründliche Kontroll- und Überholungsarbeiten vorgenommen werden müssen.

Wie bei jedem anderen Flugzeug, so muß auch beim Hubschrauber vor und nach jedem Flugeinsatz eine maschinentechnische Kontrolle vorgenommen werden. Hierbei werden die wichtigsten Teile des Hubschraubers, wie Motor, Getriebe, Rotorblätter, Steuerorgane usw., kurz überprüft. Die Wartung umfaßt außerdem noch alle Arbeiten, die für den täglichen Einsatz, also für den laufenden Unterhalt des Hubschraubers, notwendig sind. Dazu gehört die Erledigung vieler Kleinigkeiten; zum Beispiel die Überprüfung des Reifendrucks, die Reinigung der Motorfilter, das Nachfüllen von Hydraulikflüssigkeit und vieles mehr.

Bei Luftfahrzeugen sind die Wartungsarbeiten viel umfangreicher als die Reparaturen, denn im Interesse der Sicherheit soll ja überhaupt nicht erst

ein Schaden eintreten. Die Wartung ist also eine vorbeugende Tätigkeit, um die ständige Betriebsbereitschaft und die volle Flugsicherheit zu gewährleisten.

Außer der laufenden Wartung und Unterhaltung müssen bei Luftfahrzeugen von Zeit zu Zeit nach einer bestimmten Flugdauer periodische Kontrollarbeiten ausgeführt werden. Solche Teilüberholungen können zum Beispiel nach 25, 50 und 200 Flugstunden stattfinden. Nach den jeweils festgelegten Flugstundenzahlen müssen die wichtigsten Teile, wie Triebwerk, Rotoranlage, Steuerung usw., genauestens überprüft und durchgesehen werden. Das Motor- und Getriebegehäuse ist beispielsweise gewissenhaft auf Ribbildung zu untersuchen. Wegen der starken Vibration können beim Hubschrauber schnell Ermüdungserscheinungen an Werkstoffen auftreten. Alle Durchsichten und Kontrollen sind deshalb sehr gewissenhaft vorzunehmen.

Zur periodischen Instandhaltung gehört auch das Auswechseln von abgenutzten Bauteilen. So müssen zum Beispiel die Rotorblätter, die während des Fluges starken Wechselbelastungen ausgesetzt sind, nach einer bestimmten Flugstundenzahl durch neue ersetzt werden.

Die Austauschzeiten sind bei den verschiedenen Hubschrauber-Baumustern sehr unterschiedlich. Bei Rotorblättern liegt die zulässige Betriebsstundenzahl beispielsweise zwischen 500 und 1500 Flugstunden. Zum Teil richtet sich das nach der jeweiligen Konstruktion bzw. nach der spezifischen Belastung. Andererseits gehen aber auch die Auffassungen über die zulässigen Betriebszeiten der wichtigsten Hubschrauberbauteile bei den Herstellerwerken und auch bei den Luftfahrtbetrieben weit auseinander. Grundsätzlich ist jedoch zu sagen, daß beim Hubschrauber die Lebensdauer der Bauteile niedriger liegt als beim Starrflügler. Dadurch ergeben sich auch hohe Kosten für Ersatzteile.

Zur Vereinfachung und Verbilligung der Wartungs- und Kontrollarbeiten sollen die empfindlichsten Bauteile leicht zugänglich sein. Schon beim Entwurf und bei der Konstruktion eines neuen Baumusters muß man darauf achten. Bei einigen modernen Hubschraubern sind in dieser Hinsicht schon beachtliche Fortschritte zu verzeichnen. Der Sikorsky S - 61 ist zum Beispiel so konstruiert, daß die drei vorhandenen Gasturbinen von drei Mechanikern in nur 45 Minuten ausgebaut werden können. Eine schnelle Wartung und Überholung ist die Grundvoraussetzung für eine hohe Ausnutzung, also eine hohe jährliche Flugstundenzahl.

In den Kostenkomplex „Überholung“ gehören außer den Ausgaben für die Teilüberholung auch die Kosten der Grundüberholung oder Generalrevision des gesamten Hubschraubers. Man kann die Generalrevision als eine Art gründliche Durchsicht bezeichnen, die aus Sicherheitsgründen vorgenommen werden muß.

Die Generalüberholung findet in größeren Zeitabständen statt. Der Zeitraum zwischen den Generalrevisionen beträgt beim Hubschrauber etwa 500 bis 1000 Flugstunden. Im Verhältnis zum Starrflügler ist das wiederum sehr niedrig.

denn beim normalen Flugzeug beträgt die Zeit zwischen zwei Grundüberholungen im Mittel etwa 3000 Flugstunden.

Die Kosten der Grundüberholung sind beträchtlich, denn der Hubschrauber muß hierbei fast vollständig auseinandergenommen werden. Beim Starrflügler belaufen sich die Kosten der Generalrevision der Zelle etwa auf 10 bis 15 Prozent des Neuwertes des Flugzeugs. Beim Hubschrauber dürften diese Kosten etwa in der gleichen Höhe liegen. Es entfällt zwar die Zerlegung der Tragflächen, die beim Starrflügler sehr kostspielig ist, dafür hat der Hubschrauber aber komplizierte Getriebe- und Steuereinrichtungen.

Die **Lohnkosten** des fliegenden Personals sind der vierte Faktor der direkten Betriebskosten. Weiterhin gehören in diese Kostengruppe auch die anteiligen Sozialbeiträge.

Die Löhne der Besatzungsmitglieder setzen sich auch beim Hubschrauber aus dem Grundgehalt und einem Zuschlag für geleistete Flugstunden bzw. Flugkilometer zusammen. Die Kombination zwischen Zeitlohn und Flugprämie ist international in der gesamten Luftfahrt üblich.

Es wurde bereits erwähnt, daß die Hubschrauberführer wegen der starken physischen und psychischen Belastung, die die Steuerung dieses Luftfahrzeuges mit sich bringt, mit Recht zu den bestbezahlten Fliegern gehören.

Die Flugprämien des fliegenden Personals sind als eine Art „Erschwerniszuschlag“ anzusehen. Bei der Festlegung dieser Zuschläge wird die Schwierigkeit in der Bedienung des betreffenden Baumusters mit berücksichtigt.

Für die Gesamthöhe der Lohnkosten ist weiterhin noch die Stärke der Besatzung maßgebend. Für einen kleinen Hubschrauber genügt zur Bedienung und Steuerung ein Pilot. Für größere Baumuster sind dagegen im Interesse der Flugsicherheit zwei Hubschrauberführer erforderlich (1. und 2. Pilot). Wegen der mechanischen Kompliziertheit gehört bei größeren Verkehrs-hubschraubern oft auch ein Bordmechaniker zur Besatzung. Bei den geringen Entfernungen und der entsprechend kurzen Flugdauer wird jedoch normalerweise im Hubschrauberverkehr kein Funker und auch keine Stewardess notwendig sein.

Zusammenfassend läßt sich zu den direkten Betriebskosten ganz allgemein feststellen, daß der Hubschrauber im Vergleich zum Starrflügler in allen Positionen schlechter abschneidet. Beim Hubschrauber fallen in jeder Kostenart höhere Ausgaben an als beim normalen Flugzeug.

Bei wellengetriebenen Hubschraubern setzen sich die Kosten im Durchschnitt etwa wie folgt zusammen:

Abschreibungen	40 %
Betriebsstoffkosten	20 %
Kosten für Wartung und Überholung	30 %
Lohnkosten	10 %

Die Abschreibungen und die Aufwendungen für Wartung und Überholung machen also allein mehr als zwei Drittel der gesamten direkten Betriebskosten

aus. Diese Feststellung unterstreicht die Tatsache, daß die mechanische Kompliziertheit des Hubschraubers die Hauptursache der hohen Kosten ist. In der Vereinfachung der Bauweise und in der Erhöhung der Lebensdauer der wichtigsten Bauteile liegt beim Hubschrauber der entscheidende Faktor für eine Kostensenkung. Darin muß die Hauptaufgabe der Konstrukteure liegen.

Abschließend muß aber nochmals betont werden, daß auf dem Gebiet der Wirtschaftlichkeit beim Hubschrauber nur ein vorsichtiger Optimismus berechtigt ist. Der Hubschrauber wird auf Grund seiner Konstruktionsmerkmale stets ein teures Fluggerät bleiben.

## **Andere Senkrechtstartflugzeuge**

Die vorstehenden Ausführungen über den Hubschrauber haben gezeigt, daß sich seine beiden Hauptmängel, die niedrige Fluggeschwindigkeit und die hohen Betriebskosten, wegen der aerodynamischen Besonderheiten und der Konstruktionsmerkmale dieses Flugzeugtyps nicht entscheidend verbessern lassen. Aus diesem Grunde beschäftigt man sich seit einigen Jahren intensiv mit der Entwicklung anderer VTOL-Fluggeräte,<sup>2)</sup> die diese Nachteile nicht haben sollen.

Es gibt heute bereits eine große Anzahl solcher VTOL-Projekte. Bei diesen neuen Fluggeräten hat man sich teils an die Konstruktion des Hubschraubers angelehnt, teils aber auch völlig neue Wege beschritten.

In diesem Rahmen ist es natürlich nicht möglich, die vielen neuen Senkrechtstartflugzeuge ausführlich zu besprechen. Es können lediglich einige charakteristische Merkmale der wichtigsten Bauarten, von denen zu erwarten ist, daß sie sich in absehbarer Zeit verwirklichen lassen, kurz erläutert werden.

### **Tragschrauber**

In der Einleitung dieses Buches wurden die äußeren Kennzeichen des Tragschraubers bereits angedeutet.

Das „Windmühlenflugzeug“ entstand zusammen mit dem Hubschrauber, war aber bereits Anfang der zwanziger Jahre – also wesentlich früher als der Hubschrauber – betriebsreif. Etwa von 1925 bis 1935 hatte der Tragschrauber seine „Glanzjahre“.

Nachdem der Hubschrauber aber voll funktionsfähig geworden war, nahm die Bedeutung des Tragschraubers schnell ab. Ende der dreißiger Jahre verschwanden die Windmühlenflugzeuge fast völlig aus der Luftfahrt.

<sup>2)</sup> VTOL = „Vertical take off and landing“, Flugzeuge, die senkrecht starten und landen können

Man hielt den Tragschrauber nur für eine Übergangslösung, und als die Hubschrauber zuverlässig flogen, legte man den Tragschrauber „ad acta“. Der Hubschrauber wurde für vorteilhafter angesehen, weil er einen geringeren Leistungsbedarf hat und größere Lasten tragen kann als der Tragschrauber. Außerdem konnte der Hubschrauber auch senkrecht landen und in der Luft schweben, war also bedeutend wendiger und manövrierfähiger als der Tragschrauber.

Trotz dieser Nachteile ist der Tragschrauber in den letzten Jahren wieder etwas in den Vordergrund gerückt. 1959 und 1960 sind einige erfolgversprechende Neuentwicklungen der Öffentlichkeit vorgestellt worden.

Daß man sich neuerdings wieder mit dem Tragschrauber beschäftigt, ist darauf zurückzuführen, daß das Windmühlenflugzeug gegenüber dem Hubschrauber auch einige bemerkenswerte positive Eigenschaften hat: Der Tragschrauber ist nicht so kompliziert gebaut wie der Hubschrauber. Für den Antrieb des Rotors sind keine teuren und schweren Getriebeanlagen erforderlich. Auch die beim einrotorigen Hubschrauber erforderliche Heckschraube kann entfallen, da sich der Tragschrauberrotor im Luftstrom selbst dreht und deshalb kein Rückdrehmoment auf den Rumpf übertragen wird. Durch den einfacheren konstruktiven Aufbau sind die Anschaffungs- und Wartungskosten wesentlich niedriger als beim Hubschrauber.

Der Tragschrauber läßt sich auch bedeutend leichter fliegen als ein Hubschrauber. Gesteuert wird er durch normale Höhen- und Seitenruder sowie durch zusätzliches Schwenken der Rotorachse. Infolge der hohen Rotationsgeschwindigkeit des Drehflügels ist seine Geschwindigkeitsspanne groß. Er ist meist noch bei einer Minimalgeschwindigkeit von 30 bis 40 km/h flugfähig. Die Bedienung des Tragschraubers wird auch noch dadurch erleichtert, daß er kaum „überzogen“ werden kann.

Das aussichtsreichste Baumuster scheint der von der amerikanischen Firma Umbaugh herausgebrachte Tragschrauber U-18 zu sein, ein zweisitziges Baumuster mit einer Startmasse von 725 kg. Der Rumpf, der in Schalenbauweise aus Leichtmetall gefertigt ist, hat eine Länge von nur 6,5 m. Bei einer Reisegeschwindigkeit von 160 km/h erreicht dieser Tragschrauber eine Weite von 560 km. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 200 km/h.

Der U-18 ist mit einem 180-PS-Lycoming-Kolbenmotor ausgerüstet, der einen ummantelten Druckpropeller antreibt. Durch eine ummantelte Luftschaube läßt sich ein um 20 bis 30 Prozent höherer Startschub erzeugen als mit einem freien Propeller.

Der Motor des U-18 kann beim Start durch ein Hilfsgetriebe kurzzeitig auf die dreiblättrige Tragschraube umgeschaltet werden. Bei einem Anstellwinkel von Null Grad wird der Rotor auf eine hohe Umdrehzahl gebracht. Dadurch speichert sich eine große Energie auf, so daß der Tragschrauber nach Auskuppeln des Motors und plötzlicher Blattwinkelvergrößerung fast senkrecht starten kann. Diese „Sprungstart“-Möglichkeit des Tragschraubers ist zwar

nichts Neues. Auch die Baumuster der dreißiger Jahre waren schon mit einer entsprechenden Motor-Umschalteneinrichtung versehen.

Die neuzeitlichen Tragschrauber sind auf Grund der neuen Erkenntnisse des Flugzeugbaus betriebssicherer, zuverlässiger und wirtschaftlicher als die damaligen Muster. Es ist deshalb sehr wahrscheinlich, daß der Tragschrauber künftig als kleines Reise- und Geschäftsflugzeug und unter Umständen auch als Arbeitsflugzeug (z. B. im avio-chemischen Dienst) verwendet wird.

Für den Luftverkehr, also als Großflugzeug für den Passagier- oder Lastentransport, ist der Tragschrauber dagegen wegen seines geringen Auftriebs und des großen Leistungsbedarfs nicht geeignet. Auch dort, wo Schwebeflugeigenschaften verlangt werden, kann der Tragschrauber den Hubschrauber nicht ablösen.

### **Flugschrauber**

Der Flugschrauber entstand ebenfalls zusammen mit dem Hubschrauber. Um die Fluggeschwindigkeit des Hubschraubers zu erhöhen, hat man ihn mit einer zusätzlichen Luftschraube für die Vortriebsenerzeugung ausgerüstet. Das ist das Merkmal des Flugschraubers.

Trotz der etwas höheren Horizontalgeschwindigkeit hat der Flugschrauber für die Praxis jedoch kaum Bedeutung, weil die andere Forderung für ein neues Senkrechtstartflugzeug, eine bessere Wirtschaftlichkeit, nicht erfüllt wird. Im Gegenteil, durch den zusätzlichen Propeller wird der technische Aufbau außerordentlich kompliziert. Die Anschaffungs- und Wartungskosten des Flugschraubers sind deshalb noch höher als beim Hubschrauber.

### **Verbundflugzeuge (Kombinationsflugschrauber)**

Die Verbundflugzeuge stellen ein Zwischenglied zwischen Hubschrauber und Starrflügler dar. Die Bezeichnung „Verbundflugzeug“ hat man deshalb gewählt, weil bei dieser Bauart die Konstruktionsmerkmale des Hubschraubers (Drehflügel) mit den Merkmalen des Starrflüglers (feste Tragflächen und Luftschraube oder Strahlantrieb) ständig verbunden sind.

Ein Verbundflugzeug ist also ein Hubschrauber, der zusätzlich mit Tragflächen und besonderen Vortriebsaggregaten ausgerüstet ist. Man könnte natürlich auch sagen: es ist ein Starrflügelflugzeug mit zusätzlichem Rotor. Flugzeuge dieser Bauart werden oft auch als „Kombinationsflugschrauber“ bezeichnet, weil es sich ja praktisch um einen Flugschrauber handelt, der außerdem Tragflächen besitzt.

Durch die Kombination zwischen Starrflügler und Hubschrauber können im Vorwärtsflug höhere Geschwindigkeiten erzielt werden als beim reinen Hub-

schrauber. Der Hauptvorteil des Hubschraubers, die Senkrechtstarteigenschaft, bleibt aber erhalten.

Der Rotor wird bei diesem Flugzeugtyp hauptsächlich nur für die Start- und Landeoperationen benötigt, denn im Vorwärtsflug übernehmen die Tragflächen zum großen Teil oder sogar ganz den Auftrieb. Der Rotor des Kombinationsflugschraubers ist also im Horizontalflug wesentlich entlastet, so daß nicht die starken Vibrations- und Schwingungserscheinungen auftreten wie beim Hubschrauber. Dadurch können diese Flugzeuge auch schneller fliegen.

Durch die doppelten Flügel haben die Verbundflugzeuge aber eine relativ hohe Rüstmasse, wodurch sich der Nutzlastanteil etwas verringert. Der komplizierte technische Aufbau dieser Flugzeuge ist zwangsläufig auch mit hohen Anschaffungs- und Betriebskosten verbunden.

Trotz dieser Nachteile sind die Kombinationsflugschrauber aber wirtschaftlicher als „reine“ Hubschrauber, denn durch die bedeutend höhere Fluggeschwindigkeit kann in einer Stunde auch eine höhere Tonnenkilometerleistung erzielt werden. Dadurch ergeben sich niedrigere Betriebskosten je Einheit der Beförderungsleistung.

Das gegenwärtig am weitesten entwickelte Verbundflugzeug ist die Fairey „Rotodyne“ (Abbildung 27), ein Großflugzeug für 40 bis 50 Passagiere mit einer Startmasse von 17 700 kg. Seit 1954 beschäftigt man sich mit der „Rotodyne“, deren Prototyp am 6. November 1957 den Erstflug erfolgreich bestand.

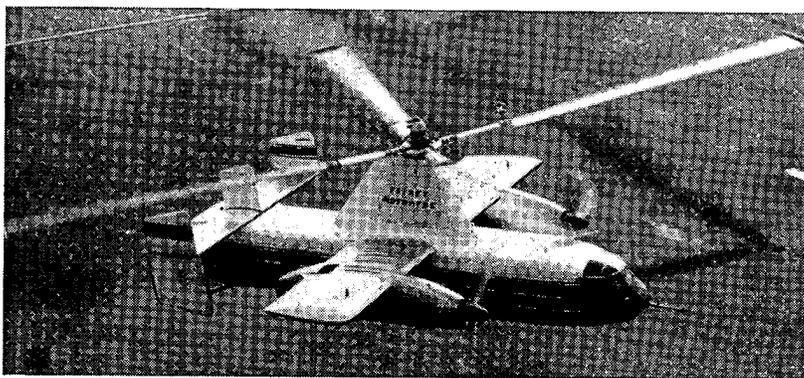


Abb. 27 Kombinationsflugschrauber Fairey „Rotodyne“

Das Triebwerk besteht aus zwei Napier-Eland-Turbinen von je 3500 PS Wellenvergleichsleistung. An diese Gasturbinen sind zusätzliche Verdichter angebaut, die Druckluft zum Antrieb des Rotors erzeugen. Die komprimierte Luft wird durch ein Röhrensystem zu den Blattspitzen geleitet, wo sie aus den Schubdüsen ausströmt und dadurch den Rotor in Umdrehung versetzt. Zur Erhöhung der Schubkraft wird noch zusätzlich Kraftstoff (Kerosin) in die Düsen eingespritzt und verbrannt. Der Düsenantrieb ist recht günstig, weil dadurch kein

Drehmoment auftritt und außerdem auch die schweren Getriebeeinrichtungen wegfallen. Der hohe Kraftstoffverbrauch des Blattspitzenantriebs ist auch zu vertreten, denn er fällt ja nur während des Start- und Landevorganges an.

Allerdings erzeugt dieser Blattspitzenantrieb einen außerordentlich starken Lärm. Die Einsatzmöglichkeit der „Rotodyne“ für Verkehrszwecke hängt davon ab, ob es gelingt, den starken Lärm auf ein vertretbares Maß zu verringern. Obwohl an den Schubdüsen schon mehr als 40 verschiedene Formen von Schalldämpfern erprobt wurden, konnte bisher noch keine zufriedenstellende Geräuschkämpfung erzielt werden.

Im Vorwärtsflug ist ein Eigenantrieb der Rotorblätter nicht erforderlich, weil sie im Tragschrauberzustand frei umlaufen und nur etwa 40 Prozent des Auftriebs übernehmen müssen. Die Reisegeschwindigkeit beträgt rund 300 km/h.

Bei der Rotodyne und auch bei den anderen gegenwärtig gebauten Verbundflugzeugen erzeugt der Rotor im Reiseflug einen recht erheblichen Widerstand. Mit solchen Kombinationsflugschraubern lassen sich deshalb nur Höchstgeschwindigkeiten bis zu etwa 400 km/h erzielen.

Um diesen Nachteil zu vermeiden, hat man vorgeschlagen, die Verbundflugzeuge mit einem Rotor auszustatten, der während des Horizontalflugs in den Rumpf eingezogen werden kann. Dadurch würde der Rotorwiderstand völlig wegfallen. Allerdings müssen die Tragflächen dann etwas größer ausgelegt werden, weil sie ja den vollen Auftrieb liefern müssen. Bei den bisher üblichen mehrblättrigen Rotoren besteht aber nicht die Möglichkeit, diese in den Rumpf einzuziehen, so daß hierfür nur ein Einblattrotor in Frage kommt.

Es ist aber kaum anzunehmen, daß die Projekte von Kombinationsflugzeugen mit einziehbarem Rotor in den nächsten Jahren verwirklicht werden können, weil der Einblattrotor einige konstruktive und aerodynamische Probleme mit sich bringt, die gegenwärtig noch nicht voll gelöst sind.

## **Wandelflugzeuge**

Wandelflugzeuge starten und landen wie Hubschrauber, im Vorwärtsflug verwandeln sie sich aber in ein Starrflügelflugzeug.

Die Kategorie der Wandelflugzeuge kann man in zwei Gruppen einteilen:

- a) Verwandlungshubschrauber,
- b) Schwenkflügelflugzeuge.

Die **Verwandlungshubschrauber** sind vom normalen Hubschrauber abgeleitet. Sie besitzen zwar Rumpf und Tragflächen wie ein gewöhnliches Flugzeug, haben aber an Stelle der kleinen Propellerschrauben mit hoher Drehzahl große Rotoren mit niedriger Drehzahl.

Beim Start sind die Rotoren nach oben gerichtet und heben das Flugzeug lotrecht in die Luft. Bei genügender Höhe werden die Rotorblätter langsam

nach vorn geschwenkt, so daß ein Vortrieb entsteht. Mit zunehmender Horizontalgeschwindigkeit übernehmen die festen Tragflächen mehr und mehr den Auftrieb, während die Rotoren nur noch wie normale Propeller den Vortrieb erzeugen müssen.

Obwohl die Kippeinrichtung für die Rotorblätter technisch nicht einfach zu lösen ist und erhebliche konstruktive Schwierigkeiten mit sich bringt, haben verschiedene Verwandlungshubschrauber schon erfolgreiche Flüge hinter sich. Ein Flugzeug dieser Bauart, die Bell XV - 3, befindet sich seit 1956 in der Flug-erprobung (Abbildung 28).

Die XV - 3 ist ein viersitziges Versuchsflugzeug, das von einem im Rumpf angeordneten Kolbenmotor von 450 PS Leistung angetrieben wird. Die Kraftüber-

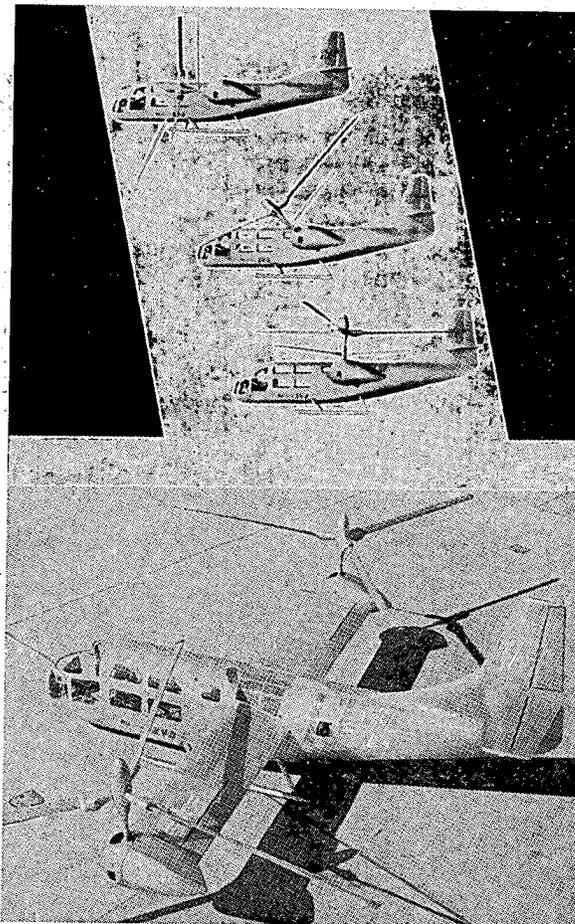


Abb. 28  
Versuchsflugzeug  
Bell XV - 3  
mit schwenkbaren  
Rotoren  
an den Flügelenden

tragung vom Triebwerk zu den beiden an den Enden der Tragflügel liegenden dreiblättrigen Rotoren geschieht durch Getriebe und Verbindungswellen.

Die zufriedenstellenden Flugergebnisse der Bell XV - 3 beweisen, daß das Konstruktionsprinzip der Verwandlungshubschrauber technisch gangbar ist. Eindeutig belegt wurde es mit dem vom sowjetischen Hubschrauberkonstrukteur Kamow geschaffenen Wandelflugzeug, das im Sommer 1961 als Großraumlasttransporter der Öffentlichkeit vorgestellt wurde. Allerdings ist der Übergang vom Vertikal- in den Horizontalflug nur sehr schwierig durchzuführen. Die Rotoren unterliegen in dieser Flugphase stark wechselnden Auftriebskräften. Die Verwandlungshubschrauber haben weiterhin den Nachteil, daß die großen Rotoren beim Vorwärtsflug lediglich so viel Vortrieb erzeugen, daß mit diesen Flugzeugen nur Geschwindigkeiten von etwas mehr als 300 km/h erzielt werden können.

Auf Grund der angeführten Nachteile erscheint es fraglich, ob sich die Verwandlungshubschrauber durchsetzen werden.

Bei den **Schwenkflügelflugzeugen** verändern nicht nur die Propeller bzw. Rotoren ihre Lage, sondern die gesamte Tragfläche wird mit den Luftschrauben um 90 Grad gedreht. Das Hauptmerkmal dieser Flugzeuge ist also die Kippflügeleinrichtung. Während des Starts sind die Tragflächen lotrecht nach oben gerichtet. Nachdem die Luftschrauben das Flugzeug in eine genügende Höhe gezogen haben, werden die Tragflächen allmählich nach vorn geschwenkt. Im Reiseflug bewegen sich diese Flugzeuge also wie normale Starrflügler.

Daß sich die Schwenkflügelbauart technisch durchführen läßt und der Verwandlungsflug auch in der Praxis möglich ist, beweisen die erfolgreichen Probeflüge des Kippflügelflugzeugs Vertol - 76 (Abbildung 29).

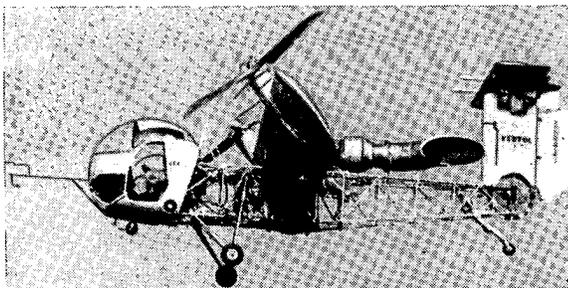


Abb. 29  
Kippflügelflugzeug  
Vertol - 76

Vertol 76 ist ein Versuchsflugzeug von 1400 kg Startmasse, bei dem die Tragflächen hydraulisch geschwenkt werden. Der Antrieb der Luftschrauben geschieht über Querwellen durch eine im Rumpf eingebaute Lycoming-Gasturbine von 600 PS.

Es ist verständlich, daß die Kippflügelanrichtung technisch nicht einfach zu lösen ist, besonders dann, wenn sich die schweren Triebwerke in den Tragflächen befinden und mitgedreht werden müssen. Hierbei treten vor allem schwierige Festigkeitsprobleme auf.

Abgesehen von den hohen Anschaffungs- und Wartungskosten, die mit der Schwenkflügelanrichtung verbunden sind, wirkt sich bei diesen Flugzeugen in wirtschaftlicher Hinsicht auch die große Triebwerksanlage nachteilig aus. Die Triebwerke müssen sehr leistungsstark sein, damit die Tragpropeller das Flugzeug beim Start überhaupt lotrecht vom Boden abheben können. Im Horizontalflug muß dann die Triebwerksleistung sehr gedrosselt werden. Dadurch wird unnötiges Gewicht mitgeschleppt, was sich sehr nachteilig auf die Nutzlastfähigkeit auswirkt.

Die Nutzlast der Schwenkflügelflugzeuge kann aber bedeutend erhöht werden, wenn eine kleine Rollstrecke zur Verfügung steht. Die Tragflügel können dann in den jeweils günstigsten Anstellwinkel gebracht werden, so daß Start und Landung wie mit einem Kurzstartflugzeug durchgeführt werden können. Diese Kombinationsmöglichkeit zwischen Kurzstart und Vertikalstart ist sehr vorteilhaft.

Als reiner Senkrechtstarter stellen die Schwenkflügelflugzeuge also auch nicht die ideale Lösung dar. Zu den Nachteilen auf ökonomischem Gebiet kommt noch, daß der Lotrechtstart und der Verwandlungsflug auch in fliegerischer Hinsicht nicht einfach ist. Beim Start, bei der Landung und während der Übergangsflugphasen treten bei diesen Flugzeugen erhebliche Schwierigkeiten in der Steuerung und Stabilität auf.

Es ist also kaum anzunehmen, daß die Kippflügelflugzeuge in den nächsten Jahren im Luftverkehr zum Einsatz kommen werden.

### **Sonstige Senkrechtstart-Projekte**

Außer dem Hubschrauber, dem Coleopter und den verschiedenen Wandel- und Verbundflugzeugen gibt es noch eine ganze Anzahl anderer Fluggeräte mit VTOL-Eigenschaften. Der Coleopter ist ein Ringflügler, bei dem die Flügel ringförmig um den Rumpf angeordnet sind.

Die meisten anderen Senkrechtstarter sind strahlgestützte Flugkörper. Bekannt ist zum Beispiel die „fliegende Plattform“ von Hiller, die bereits seit 1957 in der Flugerprobung steht.

Es handelt sich hierbei um ein sogenanntes Mantelpropeller-Fluggerät. Der Auftrieb wird durch zwei gegenläufige Luftschrauben, die sich in einer Ummantelung befinden, erzeugt. Dieses Gerät wird lediglich durch Verlagerung des Körpergewichts des Piloten gesteuert. Es ist aber nur von experimentellem Wert.

Die in letzter Zeit so sehr in den Vordergrund gerückten Luftpolsterfahrzeuge arbeiten auch nach dem Mantelpropeller-Prinzip. Bei diesen Fahrzeugen erzeugen die Mantelschrauben einen Luftstrahl nach unten, so daß – ähnlich wie beim Hubschrauber – ein Luftkisseneffekt entsteht. Die Luftpolsterfahrzeuge können allerdings nicht richtig „fliegen“, denn sie schweben nur bis zu einem Meter über dem Boden. Man kann diese Schwebefahrzeuge als ein Zwischenglied zwischen Flugzeug und Kraftfahrzeug bezeichnen.

In vielen Ländern – besonders auch in der Sowjetunion – wird intensiv an der Vervollkommnung dieser neuartigen Fahrzeuge gearbeitet. Obwohl die Luftkissenfahrzeuge sicherlich eine große Zukunft haben werden, ist es in diesem Rahmen natürlich nicht möglich, ausführlicher darauf einzugehen.

Auch die anderen VTOL-Projekte können nicht näher behandelt werden. Das ist auch nicht erforderlich, denn die meisten dieser Fluggeräte sind gegenwärtig nur Ideen oder existieren lediglich auf dem Reißbrett. Nur wenige Geräte befinden sich im Bau oder in der Flugerprobung. Betriebsreif ist noch kein einziges.

### **Kurzstartflugzeuge**

Die Kurzstartflugzeuge gehören zwar nicht zu den VTOL-Flugzeugen, und auch mit dem Hubschrauber sind sie nicht verwandt. Sie haben also direkt mit der Hubschrauber-Thematik nichts zu tun.

In den letzten Jahren werden aber bei den Diskussionen um den Nahluftverkehr die Hubschrauber ständig im Zusammenhang mit den Kurzstart- oder STOL-Flugzeugen genannt.<sup>3)</sup>

Den Kurzstartflugzeugen fehlt die Fähigkeit des Senkrechtstarts. Sie brauchen zum Starten und Landen eine kurze Rollstrecke. Im Gegensatz zu den üblichen Flugzeugen, die kilometerlange Betonpisten benötigen, genügen aber für die Kurzstartflugzeuge nur einige hundert Meter. Der Start- und Landevorgang geht auch in einem bedeutend steileren Winkel vor sich als beim normalen Starrflügler.

Da die Kurzstartflugzeuge nur relativ geringe Ansprüche an die Start- und Landefläche stellen, wird es in der Regel möglich sein, die Flugplätze in unmittelbarer Nähe der Städte anzulegen. Dadurch würden die langen Zubringerzeiten weitgehend entfallen.

Auf Grund dieser Vorzüge ist es verständlich, daß gegenwärtig in vielen Ländern intensiv an der Entwicklung leistungsfähiger und wirtschaftlicher Kurzstartflugzeuge gearbeitet wird.

<sup>3)</sup> STOL = „Short take off and landing“, Kurzstartflugzeuge

### **Zusammenfassung**

Wenn man abschließend den Entwicklungsstand und die Perspektiven der Senkrechtstartflugzeuge beurteilt, so ist eindeutig festzustellen, daß der Hubschrauber zur Zeit immer noch das einzige betriebssichere und technisch brauchbare Senkrechtstartflugzeug ist.

Trotz der enormen Forschungstätigkeit an VTOL- und STOL-Flugzeugen ist es noch ein weiter Weg, bis wirklich einsatzfähige Senkrechtstartflugzeuge mit genügender Wirtschaftlichkeit vorliegen werden. Der technische Vorsprung des Hubschraubers ist so schnell nicht einzuholen.

Vorerst wird also der Hubschrauber trotz seiner geringen Fluggeschwindigkeit und seiner ungünstigen Wirtschaftlichkeit noch nicht abgelöst werden können. Insbesondere dort, wo Schwebeflugeigenschaften verlangt werden, kann der Hubschrauber in absehbarer Zeit nicht ersetzt werden. Der Hubschrauber wird sich bis auf weiteres auch dort behaupten, wo eine hohe Geschwindigkeit nicht so sehr entscheidend ist, zum Beispiel im Zubringerdienst und für andere Spezialaufgaben.

Der Flugschrauber wird sich wegen der technischen Kompliziertheit und der damit verbundenen hohen Kosten kaum durchsetzen können.

Vom Tragschrauber ist dagegen zu erwarten, daß er sich auf Grund der besseren Wirtschaftlichkeit und wegen der einfachen Bedienung als kleines Reise- und Arbeitsflugzeug bewähren wird. Vielleicht wird das Windmühlenflugzeug sogar das künftige „Luftauto“.

In den nächsten Jahren werden im Nahluftverkehr sicherlich Starrflügler mit Kurzstarteigenschaften zum Einsatz kommen, weil diese Flugzeuge schneller und auch wirtschaftlicher sind als die Hubschrauber. Da die Kurzstartflugzeuge aber auch Landeplätze von etwa 500 m Länge benötigen, können sie in der Regel nur vom Stadtrand aus operieren, so daß auch Zubringerzeiten anfallen. Ein direkter Luftverkehr zwischen den Stadtzentren ist mit diesen Flugzeugen nicht möglich. Auf Grund dieses Nachteils müssen die Kurzstartflugzeuge nur als eine Art Übergangslösung betrachtet werden. Sie werden an Bedeutung verlieren, wenn große, betriebssichere und wirtschaftliche VTOL-Flugzeuge vorhanden sind.

Von den Kombinationsflugschraubern ist zu erwarten, daß sie im Luftverkehr über kurze Strecken eine Rolle spielen werden.

Ob sich die Verwandlungshubschrauber und die Schwenkflügelgeräte mit ihren komplizierten Kippvorrichtungen in größerem Umfang durchsetzen werden, ist dagegen fraglich.

Die Entwicklung der vielen anderen VTOL-Projekte steckt gegenwärtig noch zu sehr in den Kinderschuhen, um über die Perspektiven und die mögliche Bedeutung dieser Flugzeuge urteilen zu können.

## ***Hubschrauber als Arbeits- oder Rettungsgerät***

Die besondere Bedeutung des Hubschraubers liegt darin, daß er nicht nur bestimmte einzelne Aufgaben erledigen kann, sondern daß er ein außerordentlich vielseitig verwendbares Fluggerät darstellt. Auf Grund seiner besonderen Fähigkeiten und Flugeigenschaften ergeben sich für den Hubschrauber nahezu universelle Verwendungsmöglichkeiten. Mit Recht wird der Hubschrauber als ein „Mädchen für alles“ bezeichnet. Das große Betätigungsfeld des Hubschraubers ist bereits heute kaum noch zu übersehen, und die Einsatzmöglichkeiten erweitern sich ständig, der Aufgabenbereich wird von Tag zu Tag größer.

Weil der Hubschrauber so hohe Kosten verursacht, wird man mit ihm aber nie einfache, „normale“ Arbeiten ausführen. Dazu ist er viel zu teuer. Der Hubschrauber wird deshalb auch die anderen Transportmittel und Arbeitsgeräte nicht verdrängen oder ersetzen, er wird nur dort verwendet, wo andere Geräte überhaupt nicht oder nur mit großen Kosten oder unter großem Zeitaufwand eingesetzt werden können. Der Hubschrauber wird deshalb als ergänzendes Arbeitsgerät nur ganz bestimmte schwierige Aufgaben erledigen.

Trotz seiner universellen Verwendbarkeit ist der Hubschrauber also in Wirklichkeit doch ein ausgesprochenes Spezialgerät.

Es gibt aber in der gesamten Volkswirtschaft so viele solcher „Spezialaufgaben“.

Auch in der Deutschen Demokratischen Republik wird der Hubschrauber in den nächsten Jahren in breiterem Umfang Verwendung finden. In vielen Zweigen unserer Wirtschaft wird dieses Fluggerät bei bestimmten Aufgaben wesentlich zur Steigerung der Arbeitsproduktivität und zur Senkung der Selbstkosten beitragen können.

## ***Hubschrauber im Sanitäts- und Rettungsdienst***

Im Rettungswesen und im Sanitätsdienst spielt der Hubschrauber eine große Rolle. Bei vielen Rettungsflügen und in Katastropheneinsätzen haben die Hubschrauber schon unschätzbare Dienste geleistet. Besonders dann, wenn alle anderen Fahrzeuge oder Rettungsgeräte versagten, dann konnte der Hubschrauber beweisen, daß er ein außerordentlich nützliches und wertvolles Luftfahrzeug darstellt. Auf Grund der besonderen Fähigkeiten des Hubschraubers können noch Rettungsarbeiten ausgeführt werden, wo sonst keine Hilfe hätte erbracht werden können.

Die Verwendung des Hubschraubers im Sanitäts- und Rettungswesen kann man in zwei große Aufgabengebiete einteilen:

- a) in den Krankentransport,
- b) in den Rettungsdienst.

Krankentransporte mit dem Hubschrauber sind heute nichts Besonderes mehr. In vielen Ländern sind sie ein alltägliches Bild. Besonders in der Sowjetunion steht für diese Zwecke eine große Zahl von Hubschraubern zur Verfügung.

Auch in der Deutschen Demokratischen Republik fand in den letzten Jahren mit Hubschraubern der Nationalen Volksarmee und der Deutschen Lufthansa eine ganze Reihe von Krankenflügen statt – zum Beispiel nach der Berliner Charité oder dem Krankenhaus in Dresden-Friedrichstadt (Abbildung 30).

In der DDR entscheidet der zuständige Bezirksarzt über die Notwendigkeit eines Krankentransportes auf dem Luftwege. Der Bezirksarzt fordert durch Fernschreiben bei der Deutschen Lufthansa einen Hubschrauber an. Auch die Beförderung mit dem Hubschrauber ist für den Kranken völlig unentgeltlich. Die Transportkosten bezahlt das Deutsche Rote Kreuz.

Für den Krankentransport wird der Hubschrauber dann eingesetzt, wenn ein Kranker oder Verletzter auf dem schnellsten Wege zur Behandlung oder zur Operation in ein Spezialkrankenhaus gebracht werden muß. Es gibt viele solcher Fälle, wo akute Lebensgefahr besteht, wo es auf Minuten ankommt. Ein Krankenwagen wäre oft zu langsam. Hier kann meist der Hubschrauber noch helfen, weil er keine besonderen Anforderungen an die Landeflächen stellt und dadurch die Möglichkeit hat, den Patienten „Haus-zu-Haus-Verkehr“ in das Krankenhaus zu bringen.

Besonders dann, wenn die boden- oder wassergebundenen Fahrzeuge zu langsam sind – zum Beispiel im unwegsamen Gelände, wie im Dschungel oder anderen verkehrlich schlecht erschlossenen Gebieten –, ist es für das Rettungswesen von großer Bedeutung, wenn Hubschrauber als Krankentransportmittel zur Verfügung stehen.

Bei manchen Krankheitsfällen, z. B. bei schweren Gehirnverletzungen, ist nicht so sehr eine schnelle, dafür aber eine vollkommen erschütterungsfreie Beförderung zum Krankenhaus notwendig. Selbst der Straßentransport mit einem gut gefederten Kraftwagen würde zu große Gefahren mit sich bringen. Auch in solchen Fällen hat sich der Hubschrauber gut bewährt.

Damit die Hubschrauber beim Krankentransport möglichst direkt bei der Klinik landen können, haben sich in den letzten Jahren bereits viele Krankenhäuser eigene Hubschrauberlandeplätze angelegt. In Schweden wurden z. B. in unmittelbarer Nähe der drei größten Krankenhäuser Stockholms besondere Plätze hergerichtet, auf denen Hubschrauber starten und landen können. Das Stockholmer Rettungswesen ist mit eigenen Hubschraubern ausgestattet. Für die Bewohner der vielen Inseln an der Ostküste Schwedens sind Hubschrauber von Bedeutung.



Abb. 30 Hubschrauber landete mit Schwerverletztem auf dem Marx-Engels-Platz

Ein Hubschrauber der Nationalen Volksarmee landete in den Morgenstunden des 1. August 1959 auf dem Marx-Engels-Platz in Berlin und brachte einen Schwerverletzten aus Rathenow. Ein Krankenwagen, der von Funkwagen und Feuerwehr begleitet wurde, übernahm den Transport des Verletzten in die Charité.

Hubschrauber, die für solche speziellen Ambulanzdienste vorgesehen sind, verfügen natürlich auch über eine entsprechende Spezialausrüstung. Es werden leichte Tragen und andere für den Sanitätsdienst erforderliche Geräte mitgeführt (Abbildung 31).

In der Sowjetunion ist vom Hubschrauber Mi - 4 eine Sanitätsvariante entwickelt worden, in dessen Kabine sogar während des Fluges Operationen vorgenommen werden können.

Auch im Rettungseinsatz bei Unglücksfällen oder Katastrophen hat der Hubschrauber schon unschätzbare Dienste geleistet. Im Seerettungsdienst wurden in den letzten 10 Jahren schon viele in Seenot geratene Menschen von Hubschraubern gerettet. Der Hubschrauber kann wegen seiner bedeutend höheren Geschwindigkeit als Rettungsboote viel eher Hilfe bringen. Oft ist es aber auch so, daß von See aus auch gar keine Rettung möglich ist. Im Winter 1956 lief beispielsweise ein norwegischer Dampfer bei schwerem Sturm in der Nähe der Orkney-Inseln auf eine Felsklippe auf. Infolge der schweren See und wegen der vielen Felsklippen konnten die Besatzungsmitglieder nur durch Hubschrauber geborgen werden.

Im Seerettungsdienst werden für die Such- und Bergungsarbeiten meist Hubschrauber mit Stützwimmern oder Amphibien-Hubschrauber verwendet.

Aber auch dann, wenn es sich nicht um einen speziellen Wasserhubschrauber handelt oder wenn infolge hohen Seegangs keine direkte Wasserlandung möglich ist, kann der Hubschrauber noch helfen. Der Hubschrauber ist ja in der Lage, in niedriger Höhe über dem Wasser zu schweben und mit Hilfe von Strickleitern oder Seilwinden die Verunglückten an Bord zu nehmen.

Hubschrauber haben sich aber nicht nur auf hoher See, sondern vor allem auch bei den großen Überschwemmungskatastrophen ausgezeichnet bewährt. Im Februar 1953 nahmen zum Beispiel die Posthubschrauber der belgischen Luftverkehrsgesellschaft Sabena mit großem Erfolg an den Rettungsoperationen in den von der Sturmflut schwer heimgesuchten Gebieten Hollands teil.

Bei der furchtbaren Hochwasserkatastrophe im Sommer 1954 in Bayern konnten durch den Einsatz von Hubschraubern fast 500 Menschen aus den Wasserfluten gerettet werden.

In der Sowjetunion wurden Hubschrauber unter anderem auch bei den großen Überschwemmungen des Jahres 1958 im Gebiet des Altai zur Rettung der Bevölkerung und zur Versorgung der vom Hochwasser eingeschlossenen Ortschaften mit Lebensmitteln und Medikamenten eingesetzt. Viele Menschen, die auf Dächern und Baumkronen Zuflucht gesucht hatten, wurden durch Hubschrauber in Sicherheit gebracht. Obwohl die Rettungsflüge bei starkem Regen und unter schlechten Sichtverhältnissen stattfanden, war dank der Hubschrauber nicht ein Menschenleben zu beklagen.

Ähnliche Beispiele wie diese könnte man noch viele anführen.

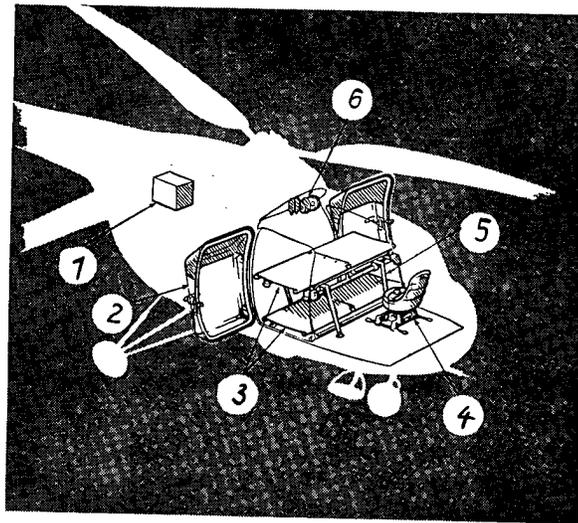


Abb. 31  
Sanitätshubschrauber

1. UKW-Radio - 2. Plexiglashaube - 3. Zwei Spezialfaltragen mit ausziehbaren Griffen - 4. Drehsessel mit Schoßgurt für ärztliche Hilfe - 5. Gestell für die Beladung - 6. Ausstattung für Erste Hilfe

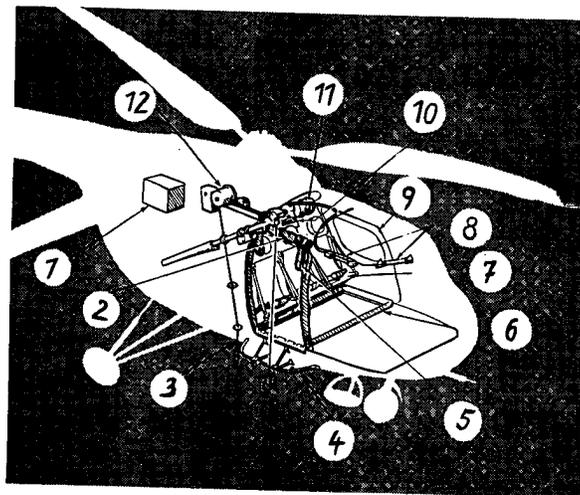


Abb. 32 Typ für  
Such- und Rettungsdienst

1. UKW-Radio - 2. Aufgerollte Segeltuchplane - 3. Kabel zur Verständigung zwischen Pilot und Besatzungsmann bei Rettungsaktionen - 4. Fußschiene und Schutz - 5. Festhalteriemern zum Einsteigen - 6. Tropfuntersatz - 7. Drei Segeltuch-Klappsitze mit Schoßgurten - 8. Vorrichtung zum Durchschneiden des Kabels in Notfällen - 9. Seitliches Instrumentenbrett - 10. Sicherheitsgurtbänder für den Piloten - 11. Ausstattung für Erste Hilfe - 12. Hydraulische Winde

Ganz besonders eignet sich der Hubschrauber auch für Such- und Rettungsaufgaben in steilen Gebirgsgegenden oder anderen unwegsamen Gebieten. Vor allem im Hochgebirge hat sich der Hubschrauber zur Suche bzw. Bergung vermißter oder verunglückter Bergsteiger ausgezeichnet bewährt.

Rettungsflüge im Hochgebirge sind aber für den Hubschrauber nicht einfach und gefahrlos, vor allem wegen des meist sehr starken und böigen Windes. Dazu kommen häufig noch schlechte Sichtverhältnisse durch Wolken- oder Nebelbildung. Solche Einsätze verlangen deshalb vom Piloten ein hohes Maß an fliegerischem Können.

Bei der Bergung verletzter Bergsteiger wird vom Hubschrauber aus oft mit einer Doppelzugwinde gearbeitet. Bei dieser Methode läßt sich ein Helfer zu dem Verwundeten abseilen, leistet ihm Erste Hilfe und wickelt ihn in eine Zeltbahn ein. Verwundeter und Helfer werden dann durch die zwei Winden wieder an Bord gezogen.

Bei Lawinenunglücksfällen können Hubschrauber Rettungsmannschaften, Ärzte, Medikamente und Lebensmittel in das von der Umwelt abgeschnittene Gebiet bringen. Solche Hubschrauber sind mit breiten Kufen oder aufgeblasenen Gummikissen ausgerüstet, damit sie nicht zu tief in den Schnee einsinken.

Die im See- oder Bergrettungsdienst eingesetzten Hubschrauber besitzen meist eine UKW-Funkanlage. Die Hubschrauber sind dadurch in der Lage, direkte Funkverbindung mit dem in Seenot geratenen Schiff aufzunehmen. Die Funkausrüstung der Rettungshubschrauber ist auch deshalb notwendig, weil die Standortmeldungen und die Such- und Rettungsergebnisse schnellstens übermittelt werden müssen.

### ***Hubschrauber in der Land- und Forstwirtschaft***

Die Hauptursache für die zunehmende Verbreitung des Flugzeuges in der Land- und Forstwirtschaft ist die dadurch mögliche gewaltige Steigerung der Arbeitsproduktivität, denn mit dem Flugzeug können in kürzester Zeit mit wenigen Arbeitskräften große Flächen bearbeitet werden. Dieser Vorzug ist so offensichtlich, daß der avio-chemische Flugbetrieb in vielen Ländern bereits weit verbreitet ist.

Besonders in der Sowjetunion und in den USA wird das Flugzeug für landwirtschaftliche Aufgaben in starkem Umfang eingesetzt. Im Jahre 1960 wurden von der Aeroflot in der UdSSR rund 18 Millionen ha Land aus der Luft bearbeitet. 1965 werden es 50 Millionen ha sein!

In der Deutschen Demokratischen Republik hat sich das Landwirtschaftsflugzeug seit seiner Einführung im Jahre 1957 bereits einen festen Platz gesichert. Der avio-chemische Flugdienst der Deutschen Lufthansa nahm in den vergangenen Jahren einen gewaltigen Aufschwung. Waren es 1957 nur rund

23 000 ha landwirtschaftlicher Nutzfläche, die avio-chemisch bearbeitet wurden, so konnte 1959 bereits die 100 000-ha-Grenze überschritten werden. Das Flugzeug hat also auch der Landwirtschaft der DDR schon wertvolle Unterstützung gegeben und in einigen Gebieten unserer Republik durch Schädlingsbekämpfung und Düngung schon beachtlich zur Ertragssteigerung beigetragen.

Das Landwirtschaftsflugzeug hat in der DDR – wie in allen sozialistischen Ländern – eine große Zukunft.

Die gewaltige sozialistische Umwälzung, die sich im Frühjahr 1960 in unserer Republik durch die Bildung Landwirtschaftlicher Produktionsgenossenschaften vollzog, hat günstige Voraussetzungen für eine umfassende Großflächenbewirtschaftung geschaffen. Die sozialistische Großflächenbewirtschaftung verlangt den Einsatz der modernsten und leistungsfähigsten landwirtschaftlichen Arbeitsmittel. Der avio-chemische Flugbetrieb wird deshalb in den nächsten Jahren stark ausgebaut. Bereits 1965 soll über eine Million Hektar Land von Flugzeugen aus bearbeitet werden.

Dabei wird auch der Hubschrauber in der Land- und Forstwirtschaft der DDR zum Einsatz kommen. Im Betriebsteil Wirtschaftsflug der Deutschen Lufthansa sind die Vorbereitungen für die Verwendung von Hubschraubern für avio-chemische Arbeiten bereits abgeschlossen, und im Laufe des Jahres 1961 werden Hubschrauber vom Typ Mi - 1 für solche Arbeiten fliegen.

Gegenüber dem normalen Starrflügelflugzeug hat der Hubschrauber im avio-chemischen Dienst eine Reihe bedeutender Vorteile. Die zur Zeit für die Landwirtschaft zur Verfügung stehenden Starrflügler brauchen für ihren Einsatz Arbeitsflugplätze von 400 bis 600 m Länge und einer Breite von rund 100 m. Geeignete Bodenflächen in diesen Ausmaßen sind aber nicht überall vorhanden, so daß beim Starrflügler in vielen Fällen hohe Verlustzeiten durch den weiten An- und Abflug vom Arbeitsflugplatz bis zum Einsatzort anfallen. Der Hubschrauber kommt dagegen mit einer Landefläche von höchstens 40×40 m aus. Solche Plätze lassen sich aber fast überall in unmittelbarer Nähe der zu bearbeitenden Bodenflächen finden. Dadurch entfallen beim Hubschrauber die unproduktiven Flugzeiten für den An- und Abflug zum Arbeitsflugplatz weitestgehend.

Weiterhin braucht der Hubschrauber beim Neuanflug keine großen Wendeschleifen zu fliegen, denn er kann ja fast auf der Stelle drehen. Durch den Wegfall der Anflug- und Wendezeiten kann der Hubschrauber die operative Arbeitszeit bedeutend höher ausnutzen als der Starrflügler.

Die große Manövrierfähigkeit, die Schwebeflügeignung und vor allem die Langsamflugeigenschaften sind weitere Vorteile des Hubschraubers im avio-chemischen Einsatz.

Der Starrflügler ist im Vergleich zum Hubschrauber relativ schwerfällig. Beim Starrflügelflugzeug liegt die Arbeitsgeschwindigkeit in der Regel zwischen 100 und 150 km/h. Das bei der Deutschen Lufthansa vorwiegend verwendete Landwirtschaftsflugzeug „Brigadyr“ L - 60 hat zum Beispiel eine Einsatzgeschwindigkeit

keit von 120 km/h. Aus aerodynamischen Gründen lassen sich die Mindestgeschwindigkeiten der Starrflügler nicht wesentlich senken. Bei 120 km/h wird also beispielsweise ein 300 m langes Feld in nur rund 10 Sekunden überflogen. Daraus ergibt sich, daß mit Starrflüglern die Flächen nicht genau besprüht und kleine Felder überhaupt nicht bearbeitet werden können. Auch in Gebirgsgegenden – z. B. an Berghängen – ist ein erfolgreicher Einsatz von Starrflüglern nicht möglich.

Der Hubschrauber hat aber eine weit geringere Arbeitsgeschwindigkeit als der Starrflügler. Er kann seine Fluggeschwindigkeit allen Bedingungen und jedem Gelände anpassen. Dadurch ist die Möglichkeit gegeben, auch kleinere Flächen, wie kurze Feldstreifen oder Gärten, und auch bergiges Gelände – zum Beispiel Weinberge – zu besprühen. Auf Grund der niedrigen Fluggeschwindigkeit des Hubschraubers ist es möglich, jede Bearbeitung sehr sorgfältig und genau durchzuführen.

Wegen der bedeutend geringeren Arbeitsgeschwindigkeit und dank seiner Manövrierfähigkeit kann der Hubschrauber im Sprüheinsatz auch wesentlich niedriger fliegen als ein Starrflügelflugzeug. Der Starrflügler braucht für den Einsatz eine Mindestflughöhe von 5 bis 10 m. Der Hubschrauber kann dagegen in 1 bis 2 m Höhe über den Pflanzen fliegen. Auch dadurch ist eine wesentlich größere Genauigkeit in der Bearbeitung möglich.

In fliegerisch-technischer Hinsicht ist noch zu erwähnen, daß der Hubschrauber nicht in so starkem Maße von den Wetterbedingungen abhängig ist wie das Starrflügelflugzeug. Beim Einsatz von Starrflüglern muß die horizontale Sicht mindestens 2000 m betragen, und die Wolkenuntergrenze darf nicht unter 200 m liegen. Der Hubschrauber kann aber auf Grund seiner geringeren Geschwindigkeit und seiner Wendigkeit auch unter schlechteren meteorologischen Verhältnissen eingesetzt werden.

Der größte Vorteil des Hubschraubers im avio-chemischen Einsatz gegenüber dem herkömmlichen Flugzeug besteht aber in der zusätzlichen Wirkung des Rotorwindes auf die nach unten fallenden Chemikalien. Beim Starrflügler erhalten die Streu- oder Sprühmittel keine besondere Beschleunigung, sondern „schweben“ einfach zu Boden. Beim Hubschrauber wird aber durch den Rotorwind ein nach unten gerichteter Luftstrom erzeugt. Dadurch werden die Streu- oder Sprühmittel schnell zu Boden gedrückt, und bei den Pflanzen wird eine gute Durchwirbelung der Blätter mit den Wirkstoffen erreicht. Dieser Vorteil ist besonders für die Schädlingsbekämpfung von großer Bedeutung, denn manche Schädlinge und auch Keime von Pflanzenkrankheiten sitzen nicht nur oben auf den Blättern, sondern auch an der Blattunterseite. Bei der einfachen Bestäubung durch Starrflügler können diese Schädlinge nicht genügend bekämpft werden. Durch die Wirkung des Rotorluftstromes ist der Hubschrauber beim Sprüheinsatz auch nicht so stark vom Wind und von der Thermik abhängig wie der Starrflügler. Beim Starrflügler darf beispielsweise die maximale Windgeschwindigkeit beim Versprühen von Schädlingsbekämpfungsmitteln nur 3 m/s betragen. Sonst würden die Sprühmittel zu weit abgetrieben. Auch bei

starker Lufterwärmung können mit Starrflüglern keine Sprüheinsätze geflogen werden, weil durch die thermischen Aufwinde eine gleichmäßige Bearbeitung der Bodenfläche nicht möglich ist.

Starrflügler können deshalb Sprüheinsätze meist nur am frühen Morgen oder in den späten Abendstunden fliegen. Beim Hubschrauber wirken sich diese Faktoren durch den Rotorluftstrom und wegen der niedrigeren Flughöhe bei weitem nicht so stark aus, so daß — abgesehen von starkem Wind — fast zu jeder Zeit Sprühflüge stattfinden können (Abbildung 33).

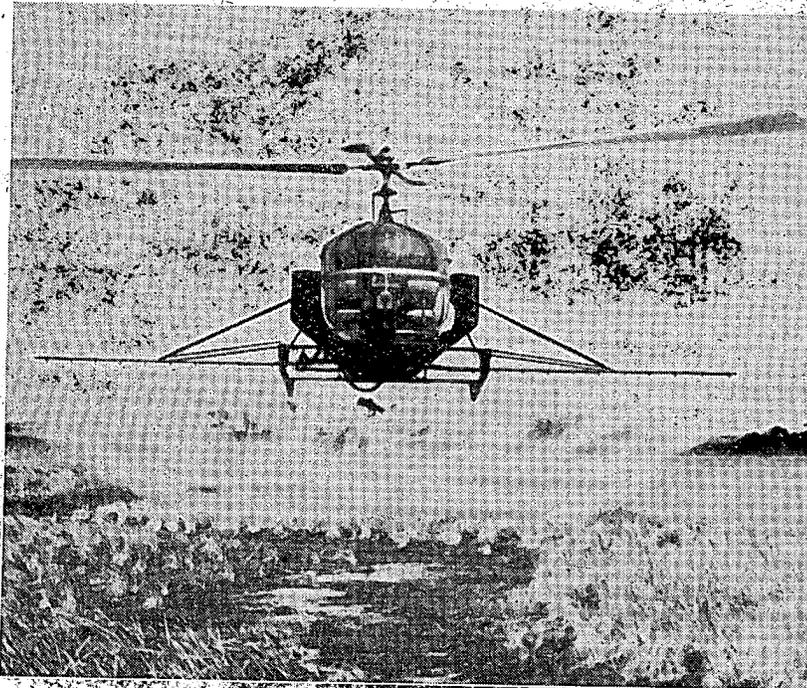


Abb. 33 Hubschrauber beim Sprüheinsatz.

Trotz dieser bedeutenden Vorteile, die der Hubschrauber im avio-chemischen Dienst gegenüber dem Starrflügler aufweisen kann, wird er aber das Starrflügelflugzeug in der Landwirtschaft keineswegs ablösen oder gar völlig verdrängen. Es muß stets beachtet werden, daß der Hubschrauber weit höhere Betriebskosten verursacht als ein normales Flugzeug. Der Hubschrauber wird als ergänzendes Arbeitsgerät in der Land- und Forstwirtschaft hauptsächlich auch nur für Spezialaufgaben verwendet werden und zwar dort, wo aus geographischen Gründen keine genügend große Landflächen für Starrflügler

vorhanden sind, oder dort, wo das Flugzeug nicht operieren kann. Der Hubschrauber wird weiterhin dort Verwendung finden, wo es beim Sprüheinsatz auf eine gute Durchwirbelung der Blätter ankommt. Bei diesen Arbeiten kann der Hubschrauber wertvolle Dienste leisten. Wegen der geringen Wetterabhängigkeit wird der Hubschrauber aber bei Verbesserung der Wirtschaftlichkeit zweifellos auch noch zu anderen Aufgaben herangezogen werden.

Zur Zeit sind etwa 5 Prozent aller im Landwirtschaftsdienst stehenden Luftfahrzeuge Hubschrauber.

In der Sowjetunion fliegen seit 1956 Hubschrauber im avio-chemischen Dienst. Die Aeroflot hat seit dieser Zeit mit dem Hubschrauber Pionierarbeit auf diesem Spezialgebiet geleistet.

Nach Berichten der Aeroflot haben die Erfahrungen der ersten Betriebsjahre gezeigt, daß vor allem bei der Schädlingsbekämpfung in Obst- und Weingärten mit Hubschraubern weit bessere Ergebnisse erzielt werden als mit Bodengeräten oder mit normalen Flugzeugen. Auf Grund dieser guten Arbeitsergebnisse wird in der UdSSR die Hubschrauber-Sprühfliegerei großzügig ausgebaut.

In der Sowjetunion dient der Hubschrauber z. B. zur Bekämpfung der Reblaus in den Weingegenden. Allein auf der Krim wurden im Jahre 1960 über 40 Hubschrauber zum Besprühen der Weinberge eingesetzt. Wie hoch die Steigerung der Arbeitsproduktivität bei diesen Flügen ist, geht aus der Tatsache hervor, daß ein Hubschrauber in 4 Stunden etwa 40 bis 50 Hektar Weingärten bearbeitet. Wenn diese Fläche in der gleichen Zeit mit Bodengeräten besprüht werden sollte, wären dazu über 200 Menschen erforderlich.

Die Arbeitsgeschwindigkeit der Hubschrauber liegt bei den Flügen in den Weinbergen zwischen 20 und 30 km/h. Auf Grund dieser niedrigen Fluggeschwindigkeit werden alle Pflanzenteile gut mit Wirkstoffen bedeckt.

Gute Ergebnisse wurden weiterhin erzielt bei der Schädlingsbekämpfung in Gärten und Obstplantagen sowie beim Säen, Düngen und der Unkrautbekämpfung in Berggegenden (Abbildung 34).



Abb. 34  
Hubschrauber  
vom Typ Mi-1  
beim Düngen

In einigen Ländern – zum Beispiel in Kalifornien – werden die Wasserreisfelder fast ausschließlich durch Hubschrauber besät. Auch für das Entblättern der Baumwollfelder werden in der Sowjetunion und in den USA bereits seit einigen Jahren mit gutem Erfolg Hubschrauber verwendet. Die Hubschrauber verspritzen hierbei ein Lösungsmittel, das die Blätter der Baumwollpflanzen in wenigen Tagen zum Abfallen bringt. Die Abblätterung erleichtert wesentlich die Ernte, besonders dann, wenn die Baumwolle maschinell gepflückt wird.

Die Aeroflot setzt für die avio-chemischen Flüge hauptsächlich Hubschrauber der Typen Mi - 1 und Ka - 18 ein. Für schwieriges Gelände hat sich besonders der Mi - 1 bewährt, weil dieser Hubschrauber über einen außerordentlich starken Motor verfügt. Der Mi - 1 kann deshalb auch bei hohen Temperaturen und in großen Höhen mit voller Beladung arbeiten. Die Chemikalienbehälter des Mi - 1 haben ein Fassungsvermögen von 520 Liter. Der Ka - 18 kann 340 Liter aufnehmen. Der Mi - 1 versprüht je Minute 9 Liter und der Ka - 18 etwa 5 Liter, so daß bei beiden Hubschraubern die Behälter für etwa 1 Stunde reine Sprühzeit ausreichen. Der Mi - 1 und der Ka - 18 sind Mehrzweckhubschrauber, die mit einer zusätzlichen Sprüheinrichtung versehen sind. Diese Anlage läßt sich leicht ein- und ausbauen, so daß die Hubschrauber auch für andere Aufgaben eingesetzt werden können.

Der avio-chemische Dienst mit Hubschraubern stellt hohe Anforderungen an den Piloten. Der Hubschrauber ist sowieso schon schwierig zu bedienen. Dazu kommt, daß bei diesen Arbeiten die Geschwindigkeit, die Flughöhe und auch die Flugrichtung genauestens eingehalten werden muß. Besonders bei der Schädlingsbekämpfung ist eine gute Qualität der Arbeit von größter Wichtigkeit. Fast bei allen Flügen muß der Hubschrauber sehr niedrig operieren. Das ständige Fliegen in Bodennähe ist sehr anstrengend, weil es sich meist um unebenes Gelände handelt, so daß oft Hindernisse auftauchen, die umflogen werden müssen. Darüber hinaus muß der Pilot meist auch die Sprühanlage noch selbst bedienen. Auch ein erfahrener Pilot kann deshalb am Tage höchstens 4 Stunden im avio-chemischen Einsatz fliegen.

Der Hubschrauber wird in der Landwirtschaft auch noch zu anderen Arbeiten verwendet. In den USA und in Kanada ist der Hubschrauber für die Farmer beinahe zu einem unentbehrlichen Arbeits- und Transportmittel geworden.

Besonders bei der Überwachung großer Viehherden, bei der Viehzählung usw. leistet der Hubschrauber gute Dienste.

In der Forstwirtschaft hat sich der Hubschrauber nicht nur für die Schädlingsbekämpfung, sondern vor allem für die Waldbrandüberwachung und -bekämpfung als sehr nützlich erwiesen. Auch bei diesen Aufgaben muß man dem Hubschrauber gegenüber dem Starrflügler den Vorzug geben, weil der Hubschrauber beweglicher ist. Bei einem kleinen Brand kann der Hubschrauber gleich an Ort und Stelle landen, und die Besatzung kann das Feuer u. U. selbst löschen.

In der Sowjetunion werden hauptsächlich in den großen Gebieten Sibiriens und im Fernen Osten Hubschrauber für diese Aufgaben eingesetzt. In der trockenen Jahreszeit werden regelmäßig Kontrollflüge mit Hubschraubern unternommen.

Für diese Überwachungsflüge wird meist der Kleinhubschrauber Mi - 1 verwendet. Diese Hubschrauber sind mit einer Funkanlage ausgerüstet, so daß nach Entdeckung eines Brandes die Löschmannschaften per Funk angefordert werden können. Die Brandbekämpfungstrupps werden dann meist mit dem größeren Mi - 4 zur Brandstelle gebracht. Der Mi - 4 kann bei diesen Einsätzen bis zu 16 Mann und die erforderlichen Löschgeräte befördern. Wenn für die Hubschrauber in der Nähe des Brandgebietes keine Landemöglichkeit besteht, dann werden die Mannschaften mit Strickleitern abgesetzt und die Löschgeräte mit Winden herabgelassen. Durch den Einsatz des Hubschraubers war es möglich, schon viele wertvolle Waldbestände zu retten.

Mit dem Hubschrauber lassen sich in der Forstwirtschaft auch noch weitere Aufgaben ausführen, zum Beispiel die Kontrolle von Baumerkrankungen, das Abschätzen von Holzbeständen oder die Kontrolle von Sturmschäden. Auch die Tannenzapfen können vom Hubschrauber aus gepflückt werden.

Bei den relativ kleinen Wäldern in der Deutschen Demokratischen Republik wird es sich allerdings kaum lohnen, für solche Arbeiten Hubschrauber einzusetzen. Wo es sich aber um große und schwer zugängliche Waldgebiete handelt, wie die Taiga in der Sowjetunion, da ist es von großem Nutzen, wenn der Forstwirtschaft hierfür Hubschrauber zur Verfügung stehen.

### ***Hubschrauber als „fliegender Kran“***

Als fliegender Kran wird der Hubschrauber in absehbarer Zeit nicht von anderen Fluggeräten verdrängt werden, da die anderen Senkrechtstartflugzeuge entweder keine Schwebeflügeignung oder nur einen so geringen Leistungsüberschuß haben, daß sie nicht als Kran verwendet werden können.

Der Kranhubschrauber kann in vielen Zweigen der Volkswirtschaft Spezialarbeiten ausführen, wobei ganz beträchtlich Zeit, Kosten und Arbeitskräfte eingespart werden.

Auf Grund dieser bedeutenden Vorteile ist das Interesse am Kranhubschrauber stark gestiegen. Die Erfolge in den letzten Jahren mit diesem neuartigen Fluggerät sind so überzeugend, daß man den Problemen des fliegenden Kranes große Aufmerksamkeit entgegenbringt.

Besondere Bedeutung hat der Kranhubschrauber für die Bauwirtschaft. Durch den Hubschrauber kann hier bei vielen Arbeiten durch den Transport und die Montage von Bauelementen die gesamte Bautechnologie wesentlich vereinfacht und verbilligt werden.

Die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten des Kranhubschraubers kann man in zwei Haupteinsatzgebiete einteilen:

- a) Transport von Gütern in schwer zugängliche Gebiete,
- b) Montagearbeiten.

Für den Transport von Materialien in unwegsames Gelände werden manchmal auch normale Hubschrauber verwendet, die die Last im Rumpf mitführen. Beim Kranhubschrauber befindet sich die Last aber nicht im Rumpf, sondern hängt frei unter dem Hubschrauber. Diese Beförderungsart hat für bestimmte Arbeiten Vorzüge.

Zunächst braucht der Kranhubschrauber beim Aufnehmen und beim Absetzen der Last nicht zu landen. Das ist sehr wichtig, denn manchmal ist auch für den Hubschrauber keine Landemöglichkeit vorhanden, zum Beispiel in Sumpfgenden oder auf Felsmassiven im Hochgebirge. Außerdem wird der Transport auch beschleunigt, wenn der Hubschrauber nicht immer selbst landen muß.

Der größte Vorteil des fliegenden Kranes besteht aber darin, daß er in der Lage ist, auch große sperrige Lasten abzuschleppen. Ein normaler Transporthubschrauber kann nur Güter bis zu einer bestimmten Abmessung befördern. In dieser Hinsicht ist der Kranhubschrauber allen anderen Transportmitteln überlegen, denn auch mit der Eisenbahn oder dem Kraftwagen ist die Beförderung großer sperriger Güter nicht möglich. Mit einem großen Kranhubschrauber können aber auch Lasten befördert werden, deren Transport sonst wegen ihrer großen Abmessungen mit der Eisenbahn oder auf dem Straßenwege nicht durchführbar ist (Abbildung 35).

Man kann also beispielsweise komplette Fertighäuser oder ganze Hochspannungsmaste mit dem Rotorkran transportieren. Die Länge oder die Breite der Transportobjekte spielt keine Rolle, sondern lediglich die Masse begrenzt die Einsatzmöglichkeit. Da der Kranhubschrauber Lasten in jeder Größe – ohne Rücksicht auf die Bodenverhältnisse – von jedem beliebigen Ort zu jeder anderen Stelle befördern kann, ist er das universellste Transportmittel.

In schwierigen Gebirgsgegenden werden die Stahlmaste für die Hochspannungsleitungen in vielen Ländern fast nur noch mit dem Hubschrauber transportiert und aufgestellt. Auch in der CSSR (Tatra) und in der Sowjetunion (Krim und Kaukasus) wurden in den letzten Jahren Überlandleitungen mit Hilfe des Hubschraubers errichtet. Der Transport und das Setzen von Masten in steilem, unzugänglichem Gelände kostet mit dem Hubschrauber etwa nur ein Drittel so viel, als wenn mit den herkömmlichen Mitteln gearbeitet wird.

Mit Hilfe des Mi – 4 wurden in den Moor- und Sumpfgebieten der Kola-Halbinsel im Norden der Sowjetunion im Sommer 1960 163 Metallmaste aufgestellt. Trotz der häufigen Stürme und der plötzlichen Wetter- und Temperaturänderungen konnte diese Aufgabe in 60 Tagen gelöst werden. Mit normalen Mitteln hätte man hierfür mindestens ein Jahr gebraucht. Dieses Beispiel beweist, daß sich der Hubschrauber auch unter den ungünstigsten meteorologischen Bedingungen für solche Arbeiten bewährt hat.

Aber nicht nur beim Setzen der Maste, sondern auch beim Ziehen der Leitungsdrähte leistet der Hubschrauber wertvolle Dienste. In Belgien wurde zum



Abb. 35 Hubschrauber beim Transport einer großen Stahlgitterkonstruktion

Beispiel eine Hochspannungsleitung über die Oberleitung einer elektrischen Eisenbahn gezogen, ohne daß der Betrieb der Eisenbahn während der Bauarbeiten auch nur einen einzigen Augenblick unterbrochen werden mußte.

Auch für die Erdölindustrie ist der Kranhubschrauber ein unentbehrlicher Helfer, wenn sich die Bohrstellen in unzugänglichen Gebieten befinden. Der Kranhubschrauber hat auch schon gute Dienste beim Bau von Erdöl- oder Erdgasleitungen geleistet.

In der Sowjetunion wird der Hubschrauber ferner zum Abtransport von Holzstämmen aus Gebirgsgegenden oder anderen schwer zugänglichen Waldgebieten herangezogen.

Fliegende Kräne können weiterhin zum Ziehen von Booten, Flößen oder Schiffen verwendet werden.

In den nächsten Jahren wird der Kranhubschrauber in erster Linie für Montagearbeiten in der Bauindustrie Verwendung finden. Hier kann der Hubschrauber bei bestimmten Spezialaufgaben wesentlich zur Beschleunigung der Bau- und Reparaturarbeiten beitragen.

Auch in der DDR sind die Baubetriebe stark daran interessiert, den Hubschrauber für schwierige und komplizierte Montagearbeiten einzusetzen.

Die Großbauten unseres Siebenjahrplanes verlangen eine moderne Montagetechnologie. Beim Bau von Schornsteinen, Talsperren, großen Brücken, Fernsehtürmen und bei anderen großen Bauten können mit Hilfe des Kranhubschraubers oft kostspielige Gerüstbauten vermieden werden.

Im Ausland wurde der Hubschrauber schon oft für derartige Aufgaben eingesetzt. Als Beispiel für eine typische Montagearbeit wäre die Dachreparatur des Jekaterina-Palastes in Puschkino bei Leningrad zu nennen. Im Zuge der Restaurierung dieses historischen Bauwerkes war es notwendig, 32 alte Dachträger von je 2,6 t auszuwechseln. Für diese Arbeiten hätte normalerweise ein großer Turmdrehkran aufgebaut werden müssen. Dafür wurde aber ein „fliegender Kran“ – ein Hubschrauber vom Typ Jak – 24 – eingesetzt, der die 32 Träger in knapp 2 Stunden herunterhob. Auch die schwierige Montage der neuen Träger erledigte der Hubschrauber in 2 Tagen (Abbildung 36).

Durch die Mitwirkung eines Kranhubschraubers konnte die Reparaturzeit bei dieser Arbeit um mehr als 2 Monate verkürzt werden. Außerdem waren die Kosten bedeutend niedriger.

In der CSSR wurden Hubschrauber vom Typ Mi – 4 zum Auswechseln von Konstruktionsteilen von Hochöfen herangezogen. Durch die Hubschrauber wurde die Reparaturzeit wesentlich verkürzt. Der Produktionsprozeß brauchte nur für kurze Zeit unterbrochen zu werden.

Die Deutsche Lufthansa hat bereits Maßnahmen eingeleitet, damit die gegenwärtig vorhandenen Hubschrauber vom Typ Mi – 4 (Tragfähigkeit 1,2 t) noch im Laufe des Jahres 1961 für Kranflugarbeiten verwendet werden können. In den nächsten Jahren wird sich die Deutsche Lufthansa hierfür sicherlich noch grö-

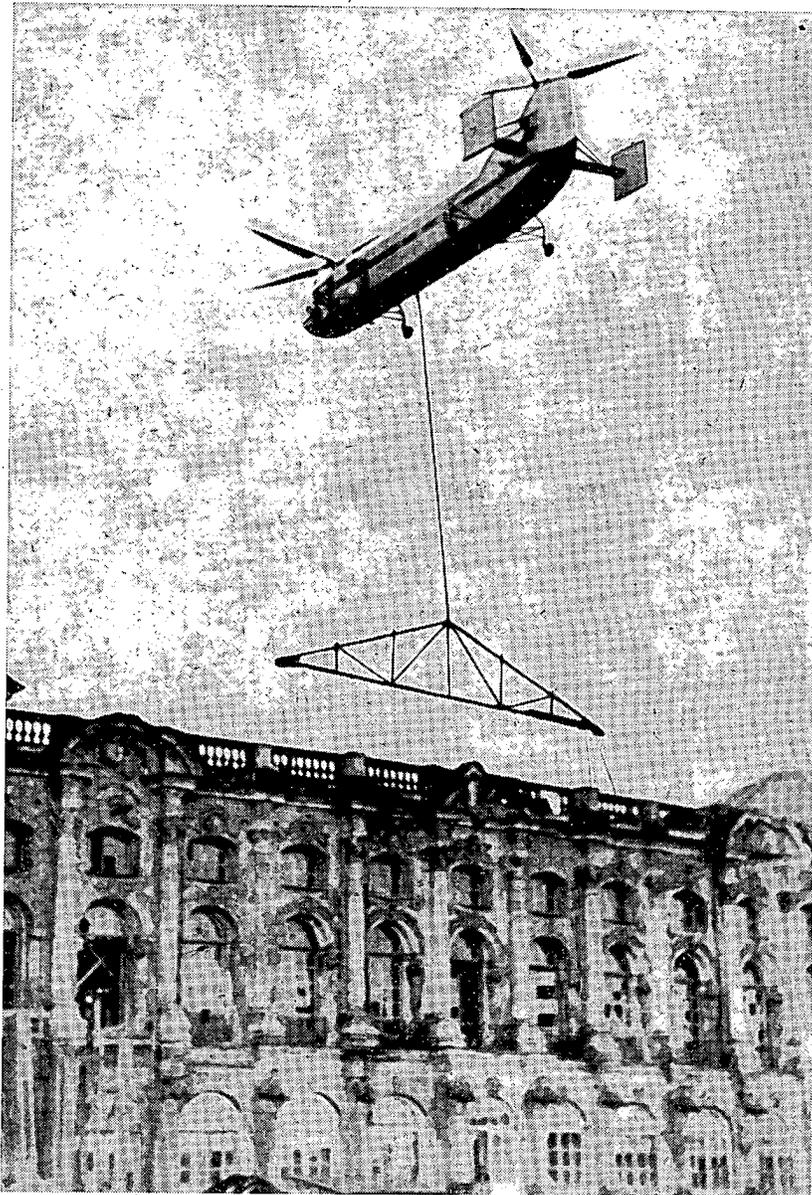


Abb. 36 Der Großhubschrauber Jak - 24 hilft bei der Dachreparatur des Jekaterina-Palastes in Puschkino

ßere Hubschrauber, wie den Jak - 24 oder Mi - 6, anschaffen. Der Jak - 24 besitzt eine Tragfähigkeit von 3,5 t, und der Mi - 6 kann sogar bis zu 12 t heben. Zum Transport schwerer Lasten kann man auch zwei oder mehr Hubschrauber zusammenkoppeln. Bei einem solchen „Multi-Lift-System“ werden besondere Kopplungsträger über der Last angebracht, von denen die Tragseile zu den einzelnen Hubschraubern gehen. Die Zwischenträger müssen mindestens 20 bis 30 m lang sein, damit die Hubschrauber entsprechend weit auseinanderkommen und sich in der Luft nicht gegenseitig behindern.

Gegenwärtig werden für Kranflugarbeiten fast ausschließlich Hubschrauber in der üblichen Bauart, also mit geschlossenem Rumpf, verwendet.

Da es beim Kranhubschrauber in erster Linie auf eine starke Hubkraft ankommt, sind alle anderen Konstruktionsprobleme für den normalen Hubschrauber, wie hohe Fluggeschwindigkeit, große Reichweite, bequeme Ausstattung der Kabine, größtmögliche Geräuschkämpfung nach außen und innen u. a., von untergeordneter Bedeutung.

Um eine hohe Tragfähigkeit zu erzielen, muß die Masse des Hubschraubers so niedrig wie möglich gehalten werden. Der Kranhubschrauber darf nur aus den für den Betrieb notwendigen Bauteilen bestehen. Ein reiner Kranhubschrauber ist deshalb in seiner Konstruktion wesentlich einfacher als ein normaler Kabinenhubschrauber. Er besteht nur aus einem einfachen Gitterrumpf oder einem Längsträger, an dem die Motoren, die Drehflügel, die Winden, die Führerkabine und die Kraftstoffbehälter angebracht sind. Durch eine solche vereinfachte Konstruktion kann die Masse wesentlich verringert werden, so daß sich die Tragfähigkeit bedeutend erhöht.

Durch den Wegfall des Kabinenrumpfes verbessern sich für die Besatzungsmitglieder auch die Sichtverhältnisse. Das ist beim Kranhubschrauber wichtig, denn vom Pilotenraum muß ständig freie Sicht nach allen Seiten vorhanden sein, damit der Hubschrauber beim Aufnahme- und Absetzvorgang richtig manövriert werden kann. Auch während des Fluges ist eine ständige Beobachtung der Last notwendig.

Auf Grund der unterschiedlichen Konstruktionsprinzipien hat solch ein Spezialhubschrauber natürlich äußerlich starke Abweichungen von der sonst üblichen Bauform (Abbildung 37).

Der Sikorsky S - 60 ist z. B. ein Spezialhubschrauber für Kranflugarbeiten. Er ist mit zwei Kolbenmotoren von je 2100 PS ausgerüstet und hat eine Tragfähigkeit von 5,5 Tonnen. Durch den vorgesehenen Einbau von Turbinen läßt sich die Nutzlast um etwa 1,5 t erhöhen. Dieser „Sky-Crane“ besitzt eine Spezialkabine für zwei Piloten und einen Kranführer. Der Sitz des 2. Piloten ist um 180 Grad drehbar. Dadurch bestehen beim Rückwärtsflug und auch beim Auf- und Absetzen der Last gute Sichtverhältnisse. Der Kranführer hat seinen Blick ständig nach hinten zur schwebenden Last. Durch das hohe und breite Fahrwerk ist der S - 60 auch in der Lage, Behälter oder sogar Passagierkabinen unterhalb des Rumpfes mitzuführen, die aus der Luft aufgenommen und abgesetzt werden können.



Abb. 37 Spezial-Kranhubschrauber Sikorsky S - 60 (Prototyp)

Der Transport von Außenlasten stellt in fliegerischer Hinsicht große Anforderungen an den Piloten.

Für die Steuerung von Kranhubschraubern können nur erfahrene Hubschrauberpiloten herangezogen werden. Bei der Aeroflot müssen die Piloten mindestens 300 normale Hubschrauber-Flugstunden geleistet haben, bevor sie für Kranflüge zugelassen werden. Aber auch für einen erfahrenen Normal-Hubschrauberpiloten ist es am Anfang nicht einfach, Kranflugarbeiten auszuführen, denn Flugtechnik, Steuerung und Stabilität haben beim Flug mit Außenbordlasten gegenüber dem normalen Flug einige erhebliche Besonderheiten.

Beim Start kommt es vor allem auf ein weiches Anheben der Last an. Erst wenn das Seil gespannt ist, darf Vollgas gegeben werden. Der Abstand zwischen Hubschrauber und der schwebenden Last soll so kurz wie möglich sein, weil die Stabilität des Hubschraubers im Vorwärtsflug um so schlechter wird, je länger die Last angehängt ist. Bei kurzem Abstand besteht beim Start und beim Anheben der Last evtl. auch die Möglichkeit, den „Luftpolstereffekt“ auszunutzen.

Der Übergang vom Steig- in den Vorwärtsflug und überhaupt alle Geschwindigkeitsänderungen müssen beim Transport von Außenbordlasten sehr langsam und gleichmäßig stattfinden, weil die hängende Last als Pendel wirkt. Bei schnellen Fluglageänderungen würden große Pendelschwingungen auftreten, wodurch die Stabilität und überhaupt die gesamte Flugsicherheit des Hubschraubers stark beeinträchtigt würde. Auch starker Wind kann Pendelbewegungen der Schwebelast verursachen. Für Kranflugarbeiten ist deshalb im allgemeinen nur eine maximale Windstärke von 4 m/s zulässig.

Damit bei Gefahr während des Fluges die Last sofort ausgeklinkt werden kann, ist am Tragseil unbedingt ein Notauslöseschloß dazwischenzuschalten.

Am Bestimmungsort muß die Geschwindigkeitsverringernug wiederum ganz langsam und gleichmäßig geschehen, um große Schwingungen zu vermeiden.

Die schwierigste Flugoperation ist bei Kranflugarbeiten der Absetzvorgang, denn die Last muß meist sehr genau abgesetzt werden. Bei Montagearbeiten kommt es manchmal sogar auf den Zentimeter an. Besonders wenn Mehrzweckhubschrauber für solche Kranflüge herangezogen werden, ist das genaue Absetzen der Schwebelast meist nicht einfach, weil der Pilot die Last selbst nicht beobachten und die Veränderung der Fluglage nur nach den Kommandos des Kranführers oder Bordmechanikers vornehmen kann. Manchmal wird der Pilot auch vom Boden aus durch Sprechfunk dirigiert.

### **Sonstige Einsatzmöglichkeiten des Hubschraubers**

In den letzten Jahren hat sich der Hubschrauber auch für die **Fischerei** zu einem nützlichen Arbeits- und Beobachtungsgerät entwickelt.

Vom Hubschrauber aus läßt sich ein Fischschwarm leicht feststellen, da man in einer Flughöhe von 500 bis 800 m das Meer gut überblicken und auch in die Tiefe sehen kann. Der Standort, der Umfang und die Bewegungsrichtung des Fischschwarmes werden per Funk den Fangschiffen mitgeteilt.

Beim Walfang z. B. spürt der Hubschrauber die Wale auf. Der Hubschrauber dirigiert nach den markierten Standorten der Wale den Einsatz der Fangboote.

Die sowjetische Walfangflotte „Slawa“ setzte erstmals 1956 auf ihrer Fangreise Hubschrauber vom Typ Ka - 15 zur Ortung der Wale ein. Gleich im ersten Jahr wurden durch die Hubschrauber in kürzester Zeit bedeutend mehr Wale als in vorhergehenden Jahren gefangen.

Die Hubschrauber der Walfangflotten sind gleichzeitig Zubringer von den Mutterschiffen zu den Fangbooten. Die Fangschiffe werden durch Hubschrauber auf dem Luftwege mit den notwendigsten Ausrüstungsgegenständen, Lebensmitteln, Post usw. versorgt. Dadurch können die unproduktiven Haltezeiten der Schiffe weitestgehend vermieden werden.

In der Hochseeschifffahrt hat sich der Hubschrauber auch für den Notdienst, zum Beispiel für Eiswarnmeldungen, bewährt.

Bei den Teichwirtschaftsbetrieben der Binnenschifffahrt entstehen oft große Schäden durch Fischkrankheiten. Besonders die gefürchtete Bauchwassersucht der Karpfen ist eine häufig auftretende Krankheit. Vorbeugend werden daher die Aufzuchtgewässer desinfiziert; Hubschrauber bestreuen die Teiche mit Kalk. Aufgrund seiner Langsamflugeigenschaften ist der Hubschrauber für diese Arbeiten gut geeignet. Er wurde hierfür schon in vielen Ländern mit Erfolg eingesetzt.

Auch für das Zählen der Fischbestände in großen Gewässern hat sich der Hubschrauber als nützlich erwiesen.

Im **Vermessungsdienst** werden schon seit vielen Jahren Flugzeuge eingesetzt. Aber auch bei diesen Arbeiten ist der Hubschrauber gegenüber dem normalen Flugzeug im Vorteil. Das gilt besonders für Gebirgsgegenden. Die Luftkarten-

aufnahmen im Hochgebirge werden heutzutage fast ausschließlich vom Hubschrauber aus gemacht.

Der moderne Vermessungsingenieur bedient sich bei vielen Aufgaben des Hubschraubers, wobei fast immer Zeit und Kosten gegenüber der Bodenvermessung eingespart werden.

In Alaska wurden zum Beispiel für große kartographische Vermessungen im Jahre 1958 10 Hubschrauber eingesetzt. In drei Monaten führten diese Hubschrauber Vermessungsaufgaben durch, für die man mit den üblichen Boden-geräten etwa 20 Jahre gebraucht hätte. Bei diesen Arbeiten sollen etwa 80 Prozent an Kosten eingespart worden sein.

In den letzten Jahren wurden in der Deutschen Demokratischen Republik auch Hubschrauber der Deutschen Lufthansa für Vermessungsaufgaben verwendet. So wurde beispielsweise die Streckenführung der neuen Autobahn Berlin-Rostock vom Hubschrauber aus vermessen. Auch bei diesen Arbeiten wurde das Zehnfache an Zeit eingespart.

Für **geologische Erkundungsflüge** hat der Hubschrauber schon große Verbreitung gefunden. Obwohl für diese Arbeiten auch schon seit vielen Jahren das normale Flugzeug verwendet wird, so hat sich der Hubschrauber doch recht schnell auf diesem Spezialgebiet durchgesetzt (Abbildung 38).

Besonders in Gebirgs- und Wüstengegenden hat sich der Hubschrauber gut bewährt und die Dauer der Sucharbeiten um ein Vielfaches verringert. Wo man früher für solche Arbeiten Jahre brauchte, genügen jetzt mit dem Hubschrauber wenige Wochen.



Abb. 38 Ein Hubschrauber vom Typ Bell - 47 J unterstützt die Arbeiten der Geologen im schottischen Bergland

Der Hubschrauber ist ferner dort unersetzlich, wo genaue Messungen durchgeführt werden müssen, denn mit dem Starrflügler ist das wegen der hohen Fluggeschwindigkeit meist nicht möglich.

Hubschrauber, die für die geologische Prospektion eingesetzt werden, sind mit einer elektromagnetischen Meßanlage versehen. Diese Meßeinrichtung ist in der Lage, auf einem Fluge die wichtigsten Metalle, wie Eisen, Nickel, Zinn, Kupfer usw., anzuzeigen und zu registrieren.

Außerordentlich gut haben sich die Hubschrauber bei der Suche nach radioaktiven Metallen bewährt. Uran ist bekanntlich ein schwer auffindbares Metall. Mit dem Hubschrauber konnten schon große Lagerstätten entdeckt werden. Im Bergmassiv des Vesuv wurden z. B. durch Hubschrauber große Uranerzlagerstätten entdeckt. Bei dieser Arbeit konnte kein anderes Gerät oder Verkehrsmittel verwendet werden, da der Fundort von Bergen geschützt war, die höchstens von erfahrenen Bergsteigern hätten bezwungen werden können. Der Hubschrauber fand diese reichen Vorkommen in weniger als 4 Flugstunden.

Auch in der Deutschen Demokratischen Republik werden mit Hubschraubern der Deutschen Lufthansa im Auftrag der Wismut AG. solche geologischen Erkundungsflüge nach radioaktiven Mineralien unternommen.

Zum Aufspüren der radioaktiven Metalle verwendet man Scintillometer, eine Art Geigerzähler. In der Sowjetunion sind extra für den Hubschrauber solche Spezialgeräte entwickelt worden. Diese Geräte messen während des Fluges ununterbrochen die Intensität der Gamma-Strahlen. Die Radioaktivität der Bodenschätze, über denen der Hubschrauber fliegt, wird automatisch registriert.

Besonders wertvoll ist der Hubschrauber für die Erkundung und Strukturbestimmung der Erdölvorkommen. Die Erdölfelder befinden sich häufig in schwer zugänglichen Gegenden, zum Beispiel in Wüsten-, Sumpf- oder Dschungelgebieten oder auch direkt im Meer. Bekannt sind die Erdölvorkommen im Kaspischen Meer, im Persischen Golf und im Golf von Mexiko.

Der Hubschrauber ist überhaupt für die gesamte Erdölindustrie ein äußerst wichtiges Arbeitsgerät. Er wird an vielen Stellen nicht nur zur Erkundung und Erschließung von Fundstätten, sondern vor allem auch zum Transport der Arbeiter und der Ausrüstungen von den Lagern zu den Bohrstellen eingesetzt.

In der Sowjetunion werden die im Kaspischen Meer gelegenen Bohrtürme fast ausschließlich mit Hubschraubern versorgt. Auf dem Wasserwege dauert die Fahrzeit vom Ufer bis zu den Bohrstellen in vielen Fällen mehr als 4 Stunden. Der Hubschrauber legt diese Entfernungen aber in wenigen Minuten zurück.

Die Hubschrauber eignen sich für **Forschungs-Expeditionen** ganz besonders, denn in den unwegsamen und unerschlossenen Gebieten können normale Flugzeuge nur selten verwendet werden.

Die sowjetischen Arktis- und Antarktis-Expeditionen sind schon seit einigen Jahren mit Hubschraubern ausgestattet. Im Jahre 1954 wurde erstmals eine

Nordpolexpedition mit Hubschraubern vom Typ Mi - 4 ausgerüstet. Auf den Gebieten des Südpols kam der Mi - 4 erstmals 1955 zum Einsatz. Neben dem Mi - 4 hat sich vor allem auch der Mi - 1 unter diesen schwierigen klimatischen Bedingungen hervorragend bewährt. Beide Typen sind wegen ihrer robusten Bauweise außerordentlich widerstandsfähig und unempfindlich gegenüber den Witterungseinflüssen. Außerdem verfügen diese Hubschrauber über sehr starke Triebwerke, die auch bei ungünstigen Umweltbedingungen eine genügende Flugsicherheit gewährleisten.

Die Expeditionen verwenden die Hubschrauber hauptsächlich als Transportfahrzeuge sowie zu Erkundungs- und Vermessungsflügen. Die Hubschrauber erleichtern diese Aufgaben ganz bedeutend, denn früher mußten die Verbindungsfahrten zwischen den einzelnen Stationen und auch die Erkundungsreisen fast ausschließlich mit dem Schlitten unternommen werden. Abgesehen von den großen Anstrengungen, die damit verbunden waren, ist der Hubschrauber natürlich auch um ein Vielfaches schneller als der Schlitten.

Daß der Einsatz des Hubschraubers unter den schwierigen Bedingungen der Arktis und Antarktis auch an die Besatzung hohe Anforderungen stellt, braucht nicht besonders betont zu werden. Besonders in der Antarktis erschwert die große Unbeständigkeit des Wetters das Fliegen mit Hubschraubern stark. Im Verlaufe eines Fluges wechseln Schneestürme mit Wirbelwinden und anderen Witterungsunbilden. Der Pilot kann dabei leicht die Orientierung verlieren, weil er sich auf den Kompaß wegen der großen Magnetabweichung nicht verlassen kann. Hinzu kommt, daß in diesen Gebieten ständig eine starke Vereisungsgefahr besteht.

In der **Energiewirtschaft** werden in den USA bereits seit 1947 Starkstromleitungen mit Hilfe von Hubschraubern überprüft. Der Hubschrauber wird für diese Arbeiten jetzt in vielen Ländern verwendet.

Die Freileitungskontrolle mit dem Hubschrauber hat besonders in schwer zugänglichen Berggegenden, wo die Leitungen über Berg und Tal führen und vom Boden aus schlecht überwacht werden können, große Vorteile. Vor allem im Winter bereitet die Bodenkontrolle der Leitungen erhebliche Schwierigkeiten und ist mit großem Zeitaufwand verbunden.

Vom Boden aus können an einem Tage – je nach Art des Geländes – etwa 10 bis 20 km Hochspannungsleitung kontrolliert werden. Mit einem Hubschrauber kann man aber bereits in einer Stunde 30 bis 40 km überprüfen.

Die Freileitungskontrolle läßt sich mit dem Hubschrauber aber nicht nur schneller, sondern auch genauer durchführen, weil der Hubschrauber bei windstillem Wetter etwa 10 m neben und 8 m über den Mastspitzen fliegt. Die Isolatoren, die Mastspitzen und die Querträger können vom Hubschrauber aus somit besser beobachtet werden.

Der Hubschrauber ist auch in der Lage, bei einem evtl. Schaden sofort zu landen und das Reparaturpersonal abzusetzen. Er kann auch schnell die erforderlichen Spezialisten oder die notwendigen Ersatzteile heranholen.

Auch zur Überwachung der großen Erdöl- und Erdgasleitungen werden vielfach Hubschrauber eingesetzt.

Ein weiteres wichtiges Spezialgebiet der Hubschrauber ist sein Einsatz für die **Vermessung der Antennen** der UKW- und Fernsehsender.

Bei den UKW- und Fernsehsendern wird fast die gesamte Sendeleistung stark gebündelt in einem bestimmten Winkel abgestrahlt. Es ist deshalb von größter Wichtigkeit, das horizontale und vertikale Strahlungsdiagramm der Sendantennen genau zu kennen. Zur Vermessung der Strahlungscharakteristik der Antennen ist der Hubschrauber gut geeignet, weil er auf Grund seiner Manövrierfähigkeit die „Strahlungskeule“ der Antenne genau ausfliegen und damit eindeutig bestimmen kann.

Das Strahlungsdiagramm wird gemessen, indem sich der Hubschrauber in einer vorher genau festgelegten Flugbahn um die Sendeantenne bewegt. Zur Aufnahme der Antennenstrahlung wird vom Hubschrauber eine entsprechende Meßvorrichtung mitgeführt. Diese Meßeinrichtung besteht in der Regel aus einer Antenne, einer Verstärkeranlage, dem Registriergerät und der Stromversorgungsanlage. Die Meßantenne wird unterhalb des Hubschraubers in genügendem Abstand mitgeschleppt. Die anderen Geräte befinden sich im Hubschrauber.

Um bei der Auswertung den Strahlungskegel der Sendeantenne auch genau bestimmen zu können, ist es unbedingt erforderlich, daß zu jedem Meßwert stets auch die jeweilige genaue Lage des Hubschraubers bekannt ist. Der Hubschrauberführer muß deshalb den vorher festgelegten Flugweg und die Fluggeschwindigkeit genauestens einhalten.

Zur Gewährleistung der genauen Einhaltung der Flugkoordinaten wird hierzu meist eine geeignete Visiereinrichtung eingebaut, nach der die entsprechenden Bodenmarkierungen angefliegen werden können. Solche Meßflüge stellen an den Piloten des Hubschraubers große Anforderungen.

Auch in der DDR wurde zur besseren Versorgung der Bevölkerung mit Rundfunk- und Fernsehprogrammen schon eine Reihe von Sendeanlagen, zum Beispiel die Fernsehsender Lohme/Rügen, Dresden-Radebeul, Leipzig-Wiederau und Nauen, mit Hubschraubern der Deutschen Lufthansa ausgemessen. Im Jahre 1961 werden die Strahlungsdiagramme der Fernsehsender Brocken und Berlin-Köpenick noch durch Hubschrauber-Meßflüge bestimmt.

In diesem Zusammenhang soll noch darauf hingewiesen werden, daß man beabsichtigt, den Hubschrauber auch selbst als fliegenden Fernsehsender zu benutzen. In einigen Ländern – zum Beispiel in der Sowjetunion und in Großbritannien – wurden bereits derartige Versuchsflüge unternommen. Solche „fliegende Sender“ haben auf Grund ihrer großen Höhe auch einen außerordentlich großen Empfangsbereich, so daß Sendungen noch bis zu 200 km Entfernung einwandfrei empfangen werden können.

Weiterhin wäre noch zu erwähnen, daß der Hubschrauber auch für Fernseh- oder Filmaufnahmen als „fliegender Kamerastand“ verwendet werden kann.

Die direkten Fernsehübertragungen der Friedensfahrt im Mai jedes Jahres haben schon viele am Bildschirm miterlebt.

Im **Dienst der Polizei** eignet sich der Hubschrauber gut für die Verkehrsüberwachung und -lenkung. Im Ausland werden schon seit einigen Jahren Hubschrauber für solche Aufgaben verwendet. Vor allem in Großstädten, wie Moskau, London oder New York, hat sich der Hubschrauber beim „Aufsichtsdienst“ gut bewährt.

Solche Beobachtungshubschrauber besitzen meist eine Plexiglas-Vollsichtkanzel, so daß gute Beobachtungsmöglichkeiten nach allen Seiten vorhanden sind. Diese Hubschrauber sind mit einer Sprechfunkanlage ausgerüstet, damit Meldungen an die Einsatzleitungen sofort durchgegeben werden können.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit des Hubschraubers bei der Polizei besteht zum Beispiel in der Grenzüberwachung. Auch die Wasserschutzpolizei bedient sich zur Inspektion und zur Hafenerüberwachung bereits vielerorts des Hubschraubers. Die Feuerschutzpolizei setzt den Hubschrauber zur Brandbekämpfung an hohen Bauwerken ein.

### ***Hubschrauber als Verkehrsmittel***

Die heute im Verkehr befindlichen „normalen“ Flugzeuge benötigen für den Einsatz lange Start- und Landebahnen. Für diese langen Pisten ist aber im Zentrum oder in unmittelbarer Nähe der Städte meist nicht genügend Platz, so daß die Flughäfen nur am Rande der Städte angelegt werden können. Jemand, der das Flugzeug benutzen will, muß also erst zum Flughafen außerhalb der Stadt fahren, bevor er die Luftreise antreten kann. Durch diese Zubringerzeiten geht aber der Zeitvorteil des Flugzeugs infolge der hohen Geschwindigkeit zum großen Teil wieder verloren.

Besonders im Kurzstreckenverkehr wirken sich die Zubringerzeiten außerordentlich nachteilig aus. Das normale Starrflügelflugzeug ist deshalb für den Nahverkehr nicht geeignet. Es kann die Bedürfnisse nach schnellster Beförderung auf kurzen Strecken nicht befriedigen.

Der Hubschrauber dagegen braucht zum Starten und Landen keine langen Pisten. Er kommt mit verhältnismäßig kleinen Flächen aus, die meist mitten in der Stadt angelegt werden können. Durch die Steilstartfähigkeit des Hubschraubers ist die Möglichkeit gegeben, den Luftverkehr direkt vom Stadtzentrum zu Stadtzentrum abzuwickeln. Die sonst üblichen langen Zubringerzeiten entfallen dadurch weitestgehend.

Die Senkrechtstarteigenschaft des Hubschraubers ist also auch für den Verkehrseinsatz der wichtigste Vorzug dieses Luftfahrzeuges. Die anderen beson-

deren Fähigkeiten des Hubschraubers sind für den Verkehrseinsatz nicht erforderlich.

Trotz der besonderen Fähigkeiten und der Vorteile gegenüber dem normalen Flugzeug hat sich aber der Hubschrauber als Verkehrsmittel bisher noch nicht völlig durchsetzen können.

Ursprünglich hatte man vom Hubschrauber erwartet, er würde auf Grund seiner besonderen Flugeigenschaften eine Art „Revolution“ im Nahverkehr auslösen. Das ist jedoch nicht eingetreten. Gegenwärtig gibt es nur in wenigen Ländern einen regelmäßigen Luftverkehr mit Hubschraubern.

Nachdem in den Jahren 1948 bis etwa 1953,54 von einigen Luftverkehrsgesellschaften große Anstrengungen gemacht wurden, den Hubschrauber im Verkehrswesen einzusetzen, ging dann das Interesse am Verkehrshubschrauber merklich zurück.

In der letzten Zeit wird aber in der Öffentlichkeit und in Fachkreisen wieder außerordentlich stark über den Wert und die Einsatzmöglichkeiten des Hubschraubers als Verkehrsmittel diskutiert. Es wird heftig darüber gestritten, ob mit dem Hubschrauber eine technische Lösung des Nahluftverkehrs gefunden ist oder nicht. Hierbei gibt es zwei verschiedene Meinungen: Auf der einen Seite sind die Prognosen sehr skeptisch. Manchmal wird der Hubschrauber – meist mit dem Argument der Unwirtschaftlichkeit – sogar grundsätzlich abgelehnt. Andererseits ist aber auch bei vielen Fachleuten eine sehr optimistische Einschätzung anzutreffen. Dem Hubschrauber werden noch große Chancen eingeräumt, man verspricht sich von diesem jungen Verkehrsmittel noch viel.

Es ist an dieser Stelle nicht möglich, sich ausführlich mit diesen unterschiedlichen Ansichten über die Entwicklungsmöglichkeiten des Verkehrshubschraubers auseinanderzusetzen. Es muß aber betont werden, daß es keinesfalls richtig ist, den Hubschrauber für das Verkehrswesen völlig abzulehnen.

In der letzten Zeit ist oft die Meinung zu hören, daß der Hubschrauber schon überholt sei, die Zukunft gehöre dem Kurzstartflugzeug. Dieser Meinung kann man genau so entgegenhalten: die Kurzstartflugzeuge stellen nur eine Übergangslösung dar, die Zukunft im Nahluftverkehr gehört den Senkrechtstartflugzeugen.

Andererseits darf man aber vom Hubschrauber nichts Ungewöhnliches verlangen. Er wird stets ein teures Beförderungsmittel bleiben. Schon aus diesem Grunde wird er wahrscheinlich in nächster Zeit auch nicht zu einem Massenverkehrsmittel werden. Es gilt vielmehr, dieses neuartige Luftfahrzeug als ergänzendes Verkehrsmittel dort einzusetzen, wo seine technisch-ökonomischen Eigenarten voll zur Geltung kommen.

Bei der Beurteilung des Verkehrswertes des Hubschraubers ist jedoch stets zu beachten, daß dieses junge Verkehrsmittel gegenüber den bodengebundenen Fahrzeugen und auch gegenüber dem Starrflügler viele Besonderheiten und Eigenarten aufweist. Der Hubschrauber hat zum Teil völlig neue Probleme im Verkehrswesen aufgeworfen. Beim Verkehrseinsatz des Hubschraubers wirken

viele Faktoren in technisch-betrieblicher und ökonomischer Hinsicht zusammen, und darüber hinaus treten auch noch besondere städtebauliche Probleme auf. Wenn so viele Faktoren vorhanden sind, dann liegt immer die Gefahr nahe, daß einzelne über- oder unterbewertet werden, so daß dann in der Gesamteinschätzung ein falsches Bild entstehen kann. Man muß auch beachten, daß die technische Entwicklung des Hubschraubers bei weitem noch nicht abgeschlossen ist.

Auf die Zukunftsaussichten des Verkehrshubschraubers wird in den folgenden Abschnitten noch ausführlicher eingegangen. Vorerst soll erläutert werden, warum die Eingliederung des Hubschraubers in das Verkehrswesen bisher nur relativ langsam vor sich gegangen ist.

Die ausschlaggebenden Voraussetzungen für den Einsatz **aller** Verkehrsmittel sind Sicherheit, Schnelligkeit, Zuverlässigkeit und vor allem entsprechende Wirtschaftlichkeit.

Gerade diese Grundforderungen erfüllten die bisher vorhandenen Hubschrauber nicht in genügendem Maße.

Die bisher für den Verkehrseinsatz zur Verfügung stehenden Hubschrauber-Typen hatten meist nur einen Motor. Dadurch war keine genügende Betriebssicherheit vorhanden, um in niedriger Höhe über bebaute Stadtgebiete zu fliegen. Die Landeplätze der Hubschrauber konnten also wegen der einmotorigen Bauweise – und auch wegen der starken Lärmabstrahlung des Hubschraubers – meist nur am Rande der Städte angelegt werden. Dadurch entstanden auch beim Hubschrauber Zubringerzeiten, so daß die Benutzung des Hubschraubers gegenüber den Bodenverkehrsmitteln oder dem Starrflügler keine genügenden Zeitvorteile brachte. Nachteilig wirkte sich in dieser Hinsicht auch die relativ niedrige Fluggeschwindigkeit des Hubschraubers aus. Ferner waren die Betriebskosten der Hubschrauber noch außerordentlich hoch, so daß auch aus ökonomischen Gründen der Einsatz des Hubschraubers als Verkehrsmittel meist nicht zu vertreten war.

Bei der Behandlung des technischen Entwicklungsstandes des Hubschraubers wurde aber bereits dargelegt, daß gegenwärtig große Anstrengungen unternommen werden, um den Hubschrauber wirklich „verkehrsreif“ zu machen. Die großen modernen Verkehrshubschrauber sind fast ausschließlich mit zwei Motoren ausgestattet, so daß jetzt in bezug auf die Sicherheit die notwendigen Voraussetzungen bereits gegeben sind. Auch in der Verbesserung der Wirtschaftlichkeit, der Verringerung der Lärmabstrahlung und der Erhöhung der Fluggeschwindigkeit wurden bereits Fortschritte erzielt, die für den Verkehrshubschrauber zu großen Hoffnungen berechtigen.

Da der Hubschrauber auf Grund seiner Konstruktionsmerkmale aber wahrscheinlich stets höhere Betriebskosten haben wird als die Bodenverkehrsmittel oder das Starrflügelflugzeug, muß er entsprechende Zeitvorteile bieten.

Aus dieser Schlußfolgerung ergibt sich die Frage, in welchem Entfernungsbereich und unter welchen Bedingungen die Reisezeit mit dem Hubschrauber niedriger ist als die Beförderungszeit mit anderen Verkehrsmitteln.

### *Einsatzbereiche des Hubschraubers*

Den Betrachtungen über die Einsatzbereiche des Verkehrshubschraubers muß ein wichtiger Grundsatz der Verkehrsökonomie vorangestellt werden: Jedes Verkehrsmittel muß dort eingesetzt werden, wo es auf Grund seiner technischen und ökonomischen Eigenarten die Verkehrsbedürfnisse am besten befriedigen kann. Nur dann, wenn dieser Leitsatz beachtet wird, ist eine ökonomisch richtige Einbeziehung des Hubschraubers in das Verkehrswesen möglich.

Durch eine sorgfältige Untersuchung der Besonderheiten der Leistungsfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit des Hubschraubers lassen sich Disproportionen zwischen dem Hubschrauber und den anderen Verkehrsmitteln von vornherein vermeiden. Unsere sozialistischen Produktionsverhältnisse geben uns dazu die Möglichkeit, denn die einheitliche Planung und Verteilung der Verkehrsaufgaben gewährleistet eine rationelle und ökonomisch richtige Koordination und Spezialisierung der Transportaufgaben.

Wenn das Prinzip der richtigen Aufgabenabgrenzung zwischen den Verkehrsträgern beachtet werden soll, dann dürfen sich die Untersuchungen über die Einsatzbereiche des Verkehrshubschraubers auch nicht auf dieses Luftfahrzeug beschränken, sondern es müssen auch die entsprechenden Vergleiche mit dem Stand und den Entwicklungsaussichten der anderen Verkehrsmittel gezogen werden. Nur so ist es möglich, die Vorzüge und die Besonderheiten des Hubschraubers richtig einzuschätzen und zu beurteilen. Eine isolierte Betrachtung des Hubschraubers ohne Berücksichtigung der Wechselwirkungen zu den Bodenverkehrsmitteln und dem Starrflügler würde zu falschen Schlußfolgerungen führen.

Da das Kriterium für die Benutzung des Hubschraubers die Schnelligkeit und nicht die Billigkeit ist, wird der Hubschrauber also als Verkehrsmittel dort eingesetzt, wo die Bedürfnisse nach größerer Schnelligkeit von den anderen Verkehrsmitteln nicht in genügendem Maße befriedigt werden können.

Die Reisegeschwindigkeit der gegenwärtigen Hubschrauber liegt etwa zwischen 150 und 200 km/h. Wenn man diese Zahlen mit den Geschwindigkeiten der anderen Verkehrsmittel vergleicht, ergibt sich, daß der Hubschrauber hinsichtlich der Schnelligkeit zwischen den bodengebundenen Verkehrsmitteln und dem normalen Flugzeug liegt.

Aus dieser allgemeinen Feststellung kann man die Schlußfolgerung ableiten, daß der Einsatzbereich des Hubschraubers etwa im „Übergangsbereich“ zwischen Eisenbahn bzw. Kraftfahrzeug und dem Starrflügelflugzeug liegen wird.

Am einfachsten und anschaulichsten läßt sich ein Reisezeitvergleich des Hubschraubers zu den anderen Verkehrsmitteln in einem Diagramm darstellen (Abbildung 39).

Dabei wurde angenommen, daß sich der Hubschrauberlandeplatz jeweils direkt im Stadtzentrum befindet und deshalb keine besonderen Zubringerzeiten anfal-

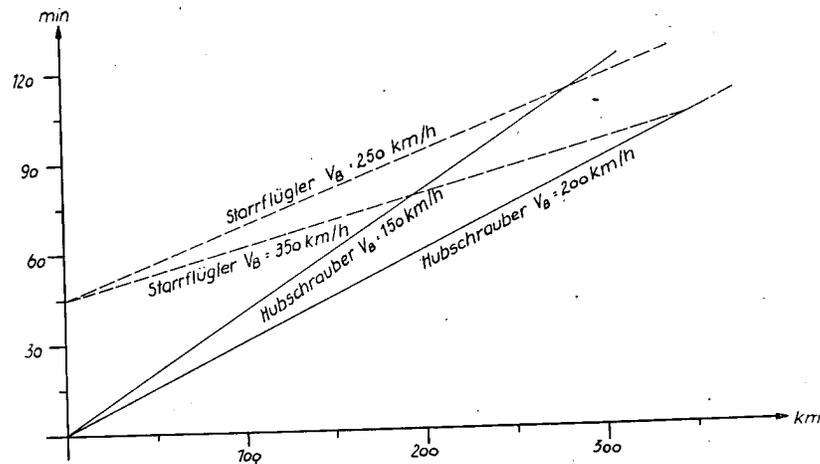


Abb. 39 Reisezeitvergleich des Hubschraubers mit dem Starrflügler

len. Für den Starrflügler wurde eine Zubringerzeit von zusammen 45 Minuten angesetzt. Beim Hubschrauber wurde eine Fluggeschwindigkeit von 150 bzw. 200 km/h zugrunde gelegt und beim Starrflügler 250 bzw. 350 km/h<sup>4)</sup>.

Nach Abbildung 39 hat der Hubschrauber zunächst einen beachtlichen Zeitvorteil gegenüber dem Starrflügler. Mit zunehmender Entfernung nimmt dieser Zeitvorsprung aber mehr und mehr ab. Bereits nach 200 bzw. knapp 300 km ist der „langsame“ Hubschrauber ( $V_B$  150 km/h) vom Starrflügler eingeholt. Bei dem mit 200 km/h fliegenden Hubschrauber ist das Bild jedoch etwas günstiger. Dieser Hubschrauber hat bei 300 km Entfernung gegenüber dem schnellen Flugzeug noch einen Zeitvorsprung von fast 10 Minuten. Gegenüber dem anderen Starrflügler ( $V_B$  250 km/h) ergibt sich sogar ein Zeitvorteil von knapp 30 Minuten.

Die obere Grenze des Aktionsbereiches des Verkehrshubschraubers liegt bei etwa 250 bis 300 km. Das ist etwa die „Wettbewerbsgrenze“ zwischen Hubschrauber und Starrflügelflugzeug. Daß diese Entfernung natürlich nur einen Mittelwert darstellt, ist selbstverständlich.

Es ist eine bekannte Tatsache, daß überall andere Bedingungen und Voraussetzungen für den Einsatz der Verkehrsmittel bestehen. Wenn zum Beispiel der Landeplatz des Hubschraubers nicht direkt im Stadtzentrum angelegt werden kann, dann fallen ebenfalls Zubringerzeiten an, und der Einsatzbereich des Hubschraubers wird zwangsläufig kleiner. Andererseits kann der Hubschrau-

4) Die Fachbezeichnung hierfür ist der Begriff „Blockgeschwindigkeit“ ( $V_B$ ). In der Blockzeit ist auch die Zeit für das Rollen am Boden enthalten.

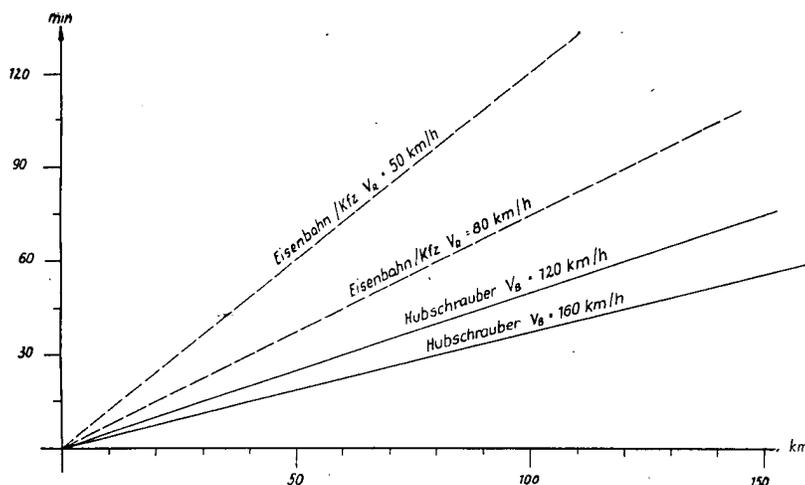


Abb. 40 Reisezeitvergleich des Hubschraubers mit den bodengebundenen Verkehrsmitteln

ber auch bei einer sehr ungünstigen Lage des Flugplatzes der Starrflügler u. U. auch noch bis zu einer Entfernung von 400 km zeitlich günstiger liegen als das Flugzeug. In jedem Falle muß also von den jeweiligen konkreten Verkehrsverhältnissen ausgegangen werden.

In Abbildung 40 wird der Hubschrauber mit den erdgebundenen Verkehrsmitteln (Eisenbahn bzw. Kraftfahrzeug) verglichen. Die Blockgeschwindigkeit des Hubschraubers wurde hier lediglich mit 120 bzw. 160 km/h angesetzt, weil sich bei diesen kurzen Entfernungen die Verlustzeiten durch Starten, Steigen und Landen sehr stark auswirken. Dadurch ist die mittlere Fluggeschwindigkeit erheblich niedriger als bei längeren Strecken.

Der Hubschrauber kann bis zu einer Entfernung von 100 km gegenüber einem mit etwa 80 km/h fahrenden Kraftwagen bzw. Schnellzug keinen größeren Zeitvorteil erzielen. Bei 50 km Entfernung beträgt die Zeiteinsparung im Durchschnitt lediglich 15 Minuten und bei 100 km auch nur 30 bis 40 Minuten. Jedoch bei einer geringeren Reisegeschwindigkeit von Eisenbahn oder Kraftfahrzeug (50 km/h) ist beim Hubschrauber ein nennenswerter Zeitvorsprung zu verzeichnen.

Aber auch bei dieser Gegenüberstellung muß stets berücksichtigt werden, daß die Betriebskosten des Hubschraubers um ein Mehrfaches höher sind als bei der Eisenbahn oder beim Kraftfahrzeug. Das Verhältnis der Mehrkosten zur Zeiteinsparung ist in diesem kurzen Entfernungsbereich im allgemeinen recht ungünstig. Wenn gute und schnelle Bodenverbindungen vorhanden sind, wird man also aus Wirtschaftlichkeitsgründen stets den erdgebundenen Verkehrsmitteln den Vorzug geben.

Im Nahverkehr kommt es auch meist darauf an, nicht nur zwei Endpunkte miteinander zu verbinden, sondern auch die dazwischenliegenden Stellen mit zu bedienen. Hierfür ist der Hubschrauber nicht vorteilhaft, denn bei einem Luftfahrzeug machen sich Zwischenlandungen zeitmäßig viel ungünstiger bemerkbar als Zwischenhalte bei der Eisenbahn oder gar beim Kraftwagen. Auch diese Tatsache wirkt sich nachteilig auf die Einsatzmöglichkeit des Hubschraubers im Nahverkehr aus.

Die hieraus abgeleitete allgemeine Behauptung, der Hubschrauber sei für den Verkehrseinsatz im Reisewebereich bis zu 100 km nicht geeignet, gilt natürlich nicht grundsätzlich. Es gibt viele Gebiete, wo die bodengebundenen Verkehrsmittel nur mit einer viel geringeren Geschwindigkeit als 50 km/h fahren können, zum Beispiel in Gebirgsgegenden. Auch bei dichtem Straßenverkehr in den Großstädten liegt die Fahrgeschwindigkeit der Kraftfahrzeuge sehr niedrig. In besonderen Fällen kann es also durchaus nützlich sein, selbst beim Vorhandensein eines schnellen Bodenverkehrs, den Hubschrauber auf einer Entfernung von 20 km einzusetzen, zum Beispiel für den Zubringerdienst von der Stadt zum Flughafen oder gar im innerstädtischen Verkehr.

Man muß schließlich berücksichtigen, daß der Hubschrauber in betrieblicher Hinsicht die größte Anpassungsfähigkeit von allen Verkehrsmitteln besitzt, da er an die Bodeneinrichtungen nur ganz geringe Anforderungen stellt. Die Wegekosten sind beim Hubschrauber in der Regel viel niedriger als beim Kraftfahrzeug, von der Eisenbahn gar nicht zu sprechen. In abgelegenen Gebieten oder anderen Gegenden, wo sich der Bau einer Straße oder einer Eisenbahn nicht lohnt, eignet sich der Hubschrauber trotz seiner hohen Betriebskosten gut. Es könnten noch mehrere solcher Besonderheiten angeführt werden. In diesem Rahmen führt das aber zu weit.

Zusammengefaßt lassen sich bezüglich des Einsatzbereiches des Verkehrshubschraubers folgende Schlußfolgerungen ziehen:

Der Hubschrauber gliedert sich im Verkehrswesen dort ein, wo der Leistungsfähigkeit – vor allem der Schnelligkeit – der anderen Fahrzeuge Grenzen gesetzt sind. Dort kann er zur Befriedigung bestimmter Verkehrsbedürfnisse beitragen. Der Hubschrauber kann somit als ergänzendes Transportmittel wertvolle Dienste zur Verbesserung der Verkehrsverhältnisse leisten.

Auf Grund seiner technisch-ökonomischen Merkmale und seiner fliegerischen Besonderheiten erscheint der Hubschrauber für den Ultrakurzstreckenverkehr von etwa 100 bis 300 km geeignet.

Bei Entfernungen unter 50 km kommen die Vorzüge des Hubschraubers nicht voll zur Geltung, weil durch die Start- und Landeoperationen die durchschnittliche Fluggeschwindigkeit ungünstig beeinflusst wird. In Gebieten, die von Bodenverkehrsmitteln schlecht erschlossen sind, und bei sehr dichtem und damit langsamem Straßenverkehr kann der Hubschrauber in besonderen Fällen allerdings auch auf kürzeren Strecken nutzbringend als Verkehrsmittel eingesetzt werden.

### **Technisch-betriebliche Probleme beim Einsatz des Hubschraubers als Verkehrsmittel**

Beim Einsatz des Hubschraubers als Verkehrsmittel tritt in technisch-betrieblicher Hinsicht eine Reihe zusätzlicher Probleme auf. Von besonderer Wichtigkeit erscheinen hierbei vor allem drei Punkte:

- a) die Sicherheit des Hubschrauberverkehrs;
- b) die Anlage geeigneter Stadtlandeplätze;
- c) die Lärmentwicklung des Hubschraubers.

Diese Fragen sind für den Verkehrshubschrauber von weit größerer Bedeutung als beim Arbeits- oder Rettungshubschrauber.

Selbstverständlich muß auch der Arbeitshubschrauber den allgemeinen Bedingungen der Flugsicherheit und Lufttüchtigkeit genügen, sonst würde er für den Flugbetrieb gar nicht zugelassen. An ein Verkehrsmittel für die ständige Personenbeförderung müssen aber in bezug auf Sicherheit noch höhere Anforderungen gestellt werden.

#### **Sicherheit des Hubschrauberverkehrs**

Für alle sozialistischen Transportbetriebe ist die Sicherheit das oberste Prinzip. Die Sicherheit muß noch vor der Schnelligkeit und vor allen Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen stehen. Dieser Grundsatz gilt für alle Verkehrsmittel, also auch für den Hubschrauber.

Im Luftverkehr muß hinsichtlich der Sicherheit ein **besonders** strenger Maßstab angelegt werden, denn bei einem Unfall sind nicht nur die Insassen des Luftfahrzeugs, sondern auch die Menschen am Boden gefährdet.

Gegenüber dem normalen Starrflügelflugzeug muß der Verkehrshubschrauber eine noch größere Sicherheit aufweisen. Auf Grund seiner besonderen Einsatzcharakteristik gefährdet der Verkehrshubschrauber die Öffentlichkeit in weit stärkerem Maße als ein Starrflügler. Das Starrflügelflugzeug fliegt normalerweise nicht in niedriger Höhe über bebauten Gebiete, denn der Flugplatz befindet sich in der Regel am Rande der Stadt. Durch den Hubschrauber wird aber der Luftverkehr mitten in das Zentrum der Städte hineingetragen.

Während ein normales Flugzeug beim Überfliegen einer Stadt mindestens 300 Meter hoch fliegen muß, bewegt sich ein Hubschrauber, der direkt im Zentrum der Stadt startet und landet, zwangsläufig in viel niedrigeren Höhen.

Es wurde bereits dargelegt, daß der Hubschrauber auf Grund seiner konstruktiven Merkmale in bezug auf die Sicherheit günstige Voraussetzungen hat. Der Hubschrauber besitzt einige wertvolle Eigenschaften, die das normale Starrflügelflugzeug nicht hat. Als wichtigste Faktoren sollen nochmals kurz erwähnt werden:

- a) die Fähigkeit der Autorotation, die auch bei Ausfall des Triebwerkes in der Regel noch eine sichere Landung ermöglicht;
- b) die niedrige Flug- und Landegeschwindigkeit;
- c) die große Wendigkeit und Manövrierfähigkeit.

Für einen Hubschrauber, der ständig über dicht bebautes Gelände fliegen muß, genügt jedoch für die Gewährleistung der Flugsicherheit allein die Fähigkeit der Autorotationslandung nicht. Ein einmotoriger Hubschrauber muß bei Ausfall des Triebwerkes sofort im Gleitflug landen. Um aber sicher landen zu können, muß auch eine entsprechende Landefläche vorhanden sein.

Die Flugwege von einmotorigen Hubschraubern müssen so festgelegt werden, daß jederzeit eine Landung, ohne Gefährdung der öffentlichen Sicherheit möglich ist. Die Flugwege müssen also möglichst über freie Flächen, große Grünanlagen, breite Straßen oder auch entlang eines Flusses führen.

Jedoch bringt auch eine Notlandung eines Hubschraubers mitten in der Stadt – zum Beispiel auf einer breiten Straße – noch erhebliche Gefahren mit sich. Einmotorige Verkehrshubschrauber entsprechen daher nicht in vollem Maße den Sicherheitsanforderungen und sind nur als eine Übergangslösung, eine Art Notbehelf, anzusehen.

Für den Verkehrshubschrauber eignet sich am besten eine mehrmotorige Bauweise. Der Hubschrauber muß so konstruiert sein, daß er bei Ausfall eines Triebwerkes noch voll flugfähig bleibt. Die großen modernen Hubschrauber (zum Beispiel die sowjetischen Baumuster Jak – 24 und Mi – 6) erfüllen diese Forderungen.

Im Streckenflug sind im Interesse einer größtmöglichen Verkehrssicherheit unbedingt die Starrflügelflugzeuge von den Hubschraubern zu trennen.

Wenn der Hubschrauber die allgemeinen Luftstraßen der Starrflügler mit benutzt, dann muß zwischen Starrflüglern und Hubschraubern eine ausreichende Höhendifferenz vorhanden sein. Die getrennte Höhenstaffelung wird in der Regel so vorgenommen, daß die „unterste Etage“ des Luftraumes – etwa bis 500 m – dem Hubschrauber zugewiesen wird, während der Starrflügler normalerweise in Höhen von mehr als 1000 m fliegt. Innerhalb des dem Hubschrauber zugewiesenen Luftraumes wird hauptsächlich nur eine Seiten- und Längenstaffelung in Frage kommen, denn in diesem geringen Höhenbereich läßt sich eine Höhenstaffelung nicht mit genügender Sicherheit durchführen.

Die wichtigste Voraussetzung für die Betriebssicherheit ist die Kontrolle und Regelung der Bewegungsvorgänge im Luftraum. Diese Aufgabe hat die Flugsicherung zu erfüllen.

In dieser Beziehung, d. h. im Blindflug und in der Navigation, hat der Hubschrauberverkehr bisher noch keine befriedigende Lösung gefunden. Fast der gesamte Hubschrauber-Linienverkehr wird gegenwärtig noch nach Sichtflugregeln abgewickelt. Der Verkehr findet meist nur am Tage unter bestimmten Wettermindestbedingungen statt. Der Hubschrauberflugbetrieb ist also im wesentlichen noch eine „Schönwetterfliegerei“. Das ist ein ganz entscheidender Mangel, der sich in der Zuverlässigkeit, Regelmäßigkeit und besonders auch in ökonomischer Hinsicht außerordentlich nachteilig auswirkt.

Daß der Hubschrauber auf diesem Gebiet noch etwas zurückgeblieben ist, ist in erster Linie darauf zurückzuführen, daß bisher für den Hubschrauberverkehr

fast nur einmotorige Typen zur Verfügung standen. Im planmäßigen Luftverkehr mit Hubschraubern sind aber Schlechtwetterflüge nach Instrumentenflugregeln nur mit mehrmotorigen Typen gestattet, denn einmotorige Hubschrauber könnten bei schlechten Sichtverhältnissen im Falle eines Triebwerkschadens die Landeplätze nicht früh genug ausmachen. Für einmotorige Baumuster bedeutet diese Regelung, daß sie grundsätzlich nur während der Tageszeit unter den festgelegten Wetterminima im planmäßigen Verkehr eingesetzt werden können. Das ist ein großer Nachteil aller einmotorigen Hubschrauber.

Die zur Zeit von der ICAO (International Civil Aviation Organization) festgelegten Schlechtwetterbedingungen (etwa 300 m Wolkenhöhe und etwa 2000 m Sichtweite) entsprechen nicht den Eigenarten und den besonderen Fähigkeiten des Hubschraubers. Auf Grund seiner besonderen Flugeigenschaften sollten für den Hubschrauber Erleichterungen in den Luftverkehrsregeln eingeführt werden. Der Hubschrauber kann jederzeit seine Flugbewegungen den jeweiligen Sichtbedingungen anpassen. Aus diesem Grunde sollten die Wettermindestbedingungen für den Hubschrauber auf eine Wolkenuntergrenze von 100 m bei einer Sichtweite von 500 m geändert werden.

Bei der Beurteilung der Voraussetzungen für die Blindflugtauglichkeit des Hubschraubers ist weiterhin zu berücksichtigen, daß die bisher vorhandenen Navigationshilfen den besonderen Bedingungen des Hubschraubers vielfach noch nicht genügen. Bei der geringen Flughöhe des Hubschraubers muß von den Navigationsgeräten die größte Genauigkeit und Zuverlässigkeit gefordert werden, was von den derzeitigen Bordinstrumenten oft nicht gesagt werden kann. Beispielsweise ist der Fahrtmesser in den niedrigen Geschwindigkeitsbereichen – besonders unter 50 km/h – nicht genau genug. Außerdem ist zu beachten, daß beim Hubschrauber der Geschwindigkeitsmesser stets unter einem gewissen Einfluß des Rotorluftstrahles liegt. Der Fahrtmesser kann also auch aus diesem Grunde nicht ganz genau sein.

Für die Navigation des Hubschraubers erscheinen Bordradargeräte sehr geeignet, einmal deshalb, weil dafür keine besonderen Bodeneinrichtungen und kein Bodenpersonal erforderlich sind, und zum anderen, weil diese Geräte nicht nur für die Navigation benutzt werden können, sondern auch für die allgemeine Flugsicherheit von großer Bedeutung sind. Bordradargeräte warnen gleichzeitig vor plötzlich auftauchenden Hindernissen.

Allerdings sind die gegenwärtig vorhandenen Flugradargeräte noch verhältnismäßig schwer; es befinden sich aber in einigen Ländern spezielle Hubschrauber-Radargeräte in der Entwicklung.

Eine weitere Voraussetzung für den Instrumentenflug des Hubschraubers ist die Verbesserung der Steuereigenschaften und der Stabilität. Der Pilot eines Hubschraubers hat gegenwärtig noch viel zuviel mit der Steuerung zu tun, so daß er sich nicht genügend mit den Navigationsinstrumenten befassen kann.

Zu den Fragen der Flugsicherung und der Navigation läßt sich also zusammengefaßt feststellen, daß vom Hubschrauber vor allem drei Voraussetzungen erfüllt werden müssen, wenn künftig der Flugverkehr auch nach Instrumenten-

flugbedingungen, also im Blindflug, durchgeführt werden soll. Das ist erstens die mehrmotorige Bauweise, zweitens die Verbesserung der Steuerungs- und Stabilitätsverhältnisse und drittens das Vorhandensein genauester Bordgeräte und Navigationsinstrumente.

In der letzten Zeit hat man aber auf diesen Gebieten schon beachtliche Fortschritte erzielt. Zum Beispiel könnte man die modernen Hubschrauber Mi - 6 (Sowjetunion) und Sikorsky S - 61 (USA) bereits als „Allwetter-Hubschrauber“ bezeichnen.

#### **Anlage geeigneter Stadtländeplätze**

Man hört oft die Meinung - manchmal auch in Fachkreisen -, der Hubschrauber brauche keine besonderen Landeflächen, es seien keine speziellen Bodeneinrichtungen und -anlagen erforderlich, denn der Hubschrauber könne ja einfach auf einem freien Platz mitten in der Stadt landen. Sicherlich ist in Ausnahmefällen - zum Beispiel im Rettungsdienst - eine einmalige Landung auf dem Marktplatz oder einer anderen freien Fläche möglich. Bei einem regelmäßigen Verkehrsbetrieb ist das aber aus Sicherheitsgründen nicht zulässig. Außerdem würden diese freien Plätze in den meisten Fällen auch nicht den betrieblichen und verkehrlichen Erfordernissen entsprechen. Es ist also notwendig, in den Städten gesonderte Landeplätze für die Hubschrauber zu schaffen.

Mit der Anlage eines Flugplatzes im Zentrum einer Stadt ergeben sich viele Fragen und Probleme, weil nicht nur die verkehrlichen und betrieblichen Gesichtspunkte des Hubschrauber-Fluabetriebes zu beachten sind, sondern vor allem auch die städtebaulichen Bedürfnisse. Im Rahmen dieser Arbeit ist es jedoch nicht möglich, hierauf ausführlich einzugehen. Es können nur einige grundsätzliche Betrachtungen angestellt werden.

Zunächst ist die Standortfrage des Hubschrauberlandeplatzes zu klären.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß der Landeplatz möglichst mitten im Zentrum der Stadt bzw. am Verkehrsschwerpunkt liegen muß, damit sich der Vorzug des Hubschraubers - die Senkrechtstarteigenschaft - auch zeitlich vorteilhaft auswirken kann. Dem Hubschrauber dürfen auf keinen Fall irgendwelche „Verlegenheitsflächen“ zugewiesen werden.

Es müssen gute Anfahrtsbedingungen und Übergangsmöglichkeiten von den anderen Verkehrsmitteln - Eisenbahn, Straßenbahn, Kraftverkehr - zum Hubschrauber vorhanden sein. Der Zeitaufwand für das Umsteigen und für das Erreichen des Landeplatzes soll so gering wie möglich sein. Die Entfernung des Hubschrauberlandeplatzes zu den Knotenpunkten des Schienen- und Straßenverkehrs soll nach Möglichkeit nicht mehr als 300 m betragen. Der günstigste Standpunkt in verkehrlicher Hinsicht wäre also in unmittelbarer Nähe eines großen Bahnhofs.

Bei der Auswahl des Geländes für einen Hubschrauberlandeplatz im Zentrum der Stadt müssen auch die flugtechnischen Erfordernisse und Fragen der Lärmbelästigung berücksichtigt werden.

Über die erforderliche Größe der Start- und Landeflächen für Hubschrauber ist schon viel diskutiert worden, und zwar in sehr unterschiedlicher Richtung. Oft wird die Ansicht vertreten, daß der Hubschrauber nur einen Landeplatz benötigt, der etwa ebenso groß ist wie der Hubschrauber selbst. Leider ist das nicht so. Der Hubschrauber ist etwas anspruchsvoller.

Für den Bau und die Gestaltung der normalen Flughäfen gibt es bis in alle Einzelheiten ausgearbeitete Richtlinien oder Empfehlungen der ICAO. Für Hubschrauberflugplätze sind solche allgemeinen internationalen Bestimmungen noch nicht vorhanden, auch nicht für die Größe des erforderlichen Geländes für Start und Landung.

Die Größe eines Hubschrauberlandeplatzes hängt in erster Linie von der Größe der eingesetzten Hubschraubertypen ab. Kleinhubschrauber mit einer Startmasse bis zu etwa 1000 kg kommen bereits mit einer Start- und Landefläche von rund  $25 \times 25$  m aus. Für leichte Verkehrshubschrauber – etwa in der Größenordnung des Mi – 1 – genügt eine Fläche von etwa  $40 \times 40$  m. Mittelschwere Typen, zum Beispiel in der Größe des Mi – 4, brauchen bereits eine Fläche von rund  $80 \times 80$  m, und für Großhubschrauber mit mehr als 15 t Startmasse ist sogar eine Start- und Landefläche von mindestens  $100 \times 100$  m erforderlich. Diese Angaben sind natürlich nur Mittelwerte.

In der Regel wird sich der Hubschrauber beim Start erst etwa 10 bis 15 m vom Boden abheben – durch den Bodeneffekt wird ja bis in diese Höhe ein zusätzlicher Auftrieb erzeugt – und anschließend in den schrägen Steigflug übergehen. Für einen solchen „Normalstart“ ist aber eine starke Triebwerksleistung erforderlich. Wenn jedoch der Motor keinen großen Leistungsüberschuß aufweist, dann kann sich der Hubschrauber bei voller Belastung nicht sofort senkrecht vom Boden abheben. Der Hubschrauber muß dann – ähnlich wie ein Starrflügler – eine Art Anlaufstart durchführen. Besonders an heißen Tagen ist bei leistungsschwachen Hubschraubern ein solcher Anlaufstart notwendig, weil warme Luft eine geringere Tragfähigkeit besitzt. Unter solchen ungünstigen Bedingungen kann eine Rollstrecke bis zu 100 m erforderlich sein. Um dies zu vermeiden, müssen Verkehrshubschrauber auch aus diesem Grunde mit ausreichend starken Triebwerken ausgestattet werden.

Allein die reine Start- und Landefläche (vgl. Abb. 41) genügt jedoch nicht für einen Hubschrauberlandeplatz. Als Ergänzung der Start- und Landefläche müssen aus Sicherheitsgründen an den Außenkanten noch seitliche Freiflächen von etwa 15 bis 30 m Breite vorhanden sein. Diese Freiflächen entsprechen etwa den bei normalen Flugplätzen üblichen Stoppflächen. Die Freiflächen müssen deshalb in ihrer Tragfähigkeit so angelegt werden, daß darauf ein Rollen des Hubschraubers ohne weiteres möglich ist.

Wegen des starken Rotorwindes des Hubschraubers müssen Start- und Landefläche und die Freifläche unbedingt staubfrei sein, das heißt, diese Flächen müssen betoniert sein oder einen anderen festen Untergrund haben.

Die Blaswirkung der Hubschrauber ist nicht unbedeutend. Der Luftstrom des

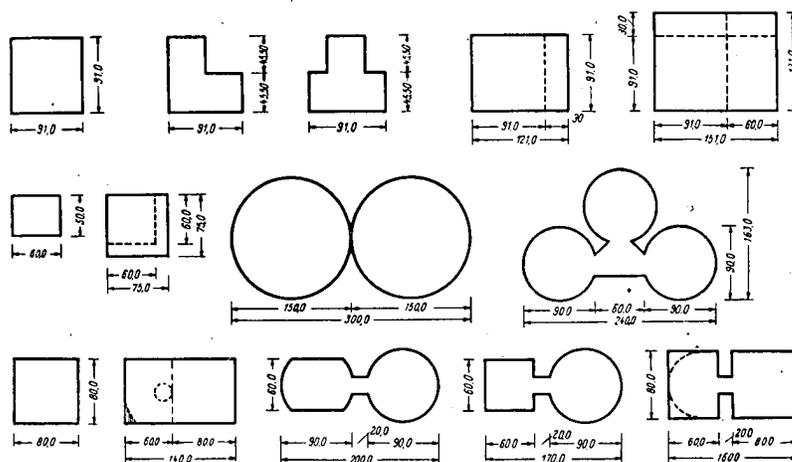


Abb. 41 Möglichkeiten von Betriebsflächen für Hubschrauber-Flugplätze (nach Radicke)

Rotors eines Großhubschraubers erreicht eine Geschwindigkeit von etwa 100 km/h. Der nach unten wirkende Strahl macht sich bis zu 75 m Höhe bemerkbar. Zur Abschirmung des Drehflügelluftstromes empfiehlt es sich, um den Landeplatz herum einen dichten Heckenzaun anzulegen. Dadurch würde die Umgebung des Landeplatzes nicht durch die Abwinde des Hubschraubers belästigt.

Hat ein Hubschrauberlandeplatz starken Verkehr, sollten unbedingt getrennte Flächen für Landung, Abfertigung und Start vorhanden sein, damit ein durchgehender Betriebsfluß gewährleistet ist und sich keine Verzögerungen oder Behinderungen im Betriebs- und Verkehrsablauf ergeben. Außerdem müssen noch zusätzliche Abstellflächen angelegt werden. Um diese Abstellflächen recht klein halten zu können, wäre es günstig, wenn die Rotorblätter der Hubschrauber faltbar konstruiert würden.

Bei einer niedrigen Verkehrsfrequenz ist allerdings eine solche Trennung der Betriebsflächen nicht erforderlich. Es genügt dann eine einzige Fläche für Landung, Abfertigung und Start.

Aus den bisherigen Ausführungen geht hervor, daß auch für einen Hubschrauberlandeplatz eine ganz erhebliche Fläche vorhanden sein muß. Die erforderliche Bodenfläche beträgt (einschließlich zusätzlicher Abfertigungs- und Abstellflächen) etwa 20 000 bis 25 000 m<sup>2</sup>. Im Verhältnis zum Flächenbedarf eines normalen Flughafens ist das allerdings außerordentlich gering, denn die üblichen Starrflügler brauchen ja kilometerlange Start- und Landebahnen. Auch für ein Kurzstartflugzeug ist eine Piste von mindestens 500 m Länge erforderlich. Die Flächenansprüche eines Hubschrauberlandeplatzes sind also im Vergleich zu anderen Flugplätzen recht bescheiden.

Allein mit dem Landeplatz ist es aber auch beim Hubschrauber nicht abgean. Auch ein Hubschrauberlandeplatz hat noch weitere Auswirkungen auf die Umgebung.

Es wurde bereits erwähnt, daß sich der Hubschrauber beim Start nur etwa 10 bis 15 m senkrecht vom Boden abhebt und dann wegen der besseren Tragfähigkeit und auch aus Gründen der Flugsicherheit in den schrägen Vorwärtsflug übergehen muß. Auf Grund dieser Tatsache müssen entsprechende hindernisfreie An- und Abflugwege vorhanden sein. Für die Umgebung des Landeplatzes bedeutet das weitere Baubeschränkungen. Da der Hubschrauber aber in einem viel steileren Winkel startet als ein Starrflügler, sind diese Baubeschränkungen nicht allzu stark. Die Anflugsektoren können auch bedeutend schmaler gehalten werden als beim Starrflügelflugzeug, weil der Hubschrauber viel langsamer und damit auch genauer fliegen kann. Der Hauptanflugsektor darf aber andererseits in seinem Öffnungswinkel auch nicht zu klein sein, damit beim Anflug – zum Beispiel aus einer Kurve heraus – noch eine genügende Breite vorhanden ist. Die Einflugschneisen sollen sowohl hinsichtlich der Neigung als auch im Öffnungswinkel so festgelegt werden, daß auch für leistungsschwache Hubschraubertypen noch eine ausreichende Flugsicherheit gewährleistet ist.

Internationale Richtlinien über die Hindernisfreiheit der Einflugschneisen der Hubschrauberlandeplätze gibt es ebenfalls noch nicht. Die Vorschriften für die Bebauungsfreiheit der Neigungswinkel sind in den einzelnen Ländern noch verschieden. Nach westdeutschen Vorschlägen sollen die hindernisfreien Bereiche im Hauptanflugsektor eine Neigung von 1 : 5 und in den übrigen Anflugsektoren eine Neigung von 1 : 2 haben (Abbildung 42).

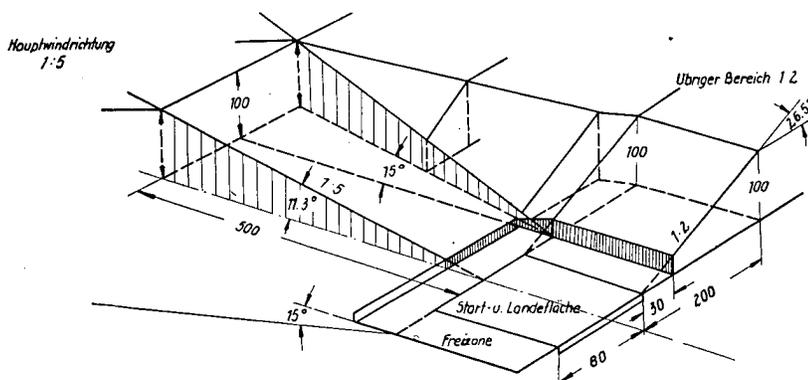


Abb. 42 Hindernisfreie Neigungsflächen für Hubschrauber-Flugplätze (nach Treibel)

Im Hauptanflugsektor dürfen also zum Beispiel in einer Entfernung von 100 m von der Außenkante der Start- und Landefläche die Bauwerke höchstens 20 m hoch sein.

Da der Hubschrauber beim Start und bei der Landung in starkem Maße seitenwindempfindlich ist (zulässige Stärke des Querwindes – je nach der Konstruktion – etwa 30 und 40 km/h), soll die Haupteinflugschneise auch in der Hauptwindrichtung liegen, damit der Hubschrauber möglichst immer gegen den Wind starten und landen kann. Zur Windbeeinflussung ist in diesem Zusammenhang noch zu bemerken, daß die Personenbeförderung mit Hubschraubern bei Windgeschwindigkeiten von mehr als 60 km/h in der Stadt aus Sicherheitsgründen meist völlig eingestellt werden muß, weil bei diesem starken Wind in bebautem Gelände unübersehbare Turbulenzerscheinungen auftreten.

Alle Flughindernisse, wie hohe Gebäude, Türme oder Schornsteine, die sich in unmittelbarer Nähe des Flugweges und im Bereich der Einflugsektoren befinden, müssen nachts und bei schlechten Sichtverhältnissen entsprechend durch Licht markiert sein. Auch der Landeplatz selbst muß eine Anflugbefeuerung und eine Randmarkierung der Landefläche besitzen. Diese Befeuerungseinrichtungen müssen hochintensiv sein, damit sie sich aus der übrigen Stadtbeleuchtung gut herausheben.

Dachlandeplätze haben gegenüber Bodenplätzen den Vorteil, daß wegen ihrer Höhe eine gute Hindernisfreiheit in den Anflugsektoren besteht. Ein weiterer Vorteil ist die geringere Lärmbelästigung.

Trotz dieser Vorzüge gibt es zur Zeit auf der ganzen Welt nur einige wenige Dachlandeplätze für den planmäßigen Hubschrauberverkehr. Es bestehen zwar in vielen Ländern großartige Projekte für die Anlage von Dachlandeplätzen, doch ausgeführt wurden bisher nur wenige. Lediglich für den Postdienst, für den leichten Taxiverkehr und für andere individuelle Zwecke sind Hubschrauber-Dachlandeplätze in größerer Zahl vorhanden.

Daß bisher nur wenige Dachlandeplätze für große Verkehrshubschrauber gebaut wurden, hat mehrere Ursachen. Erstens gibt es nur wenige Gebäude, deren Dachfläche 100 m lang ist, wie sie große Hubschrauber benötigen. Außerdem würde ein normales Gebäude die Belastungen auch gar nicht aushalten, weil die gesamte Konstruktion eine außerordentlich hohe Tragfähigkeit besitzen muß. Das Dach muß ja nicht nur die Startmasse des Hubschraubers aushalten, sondern auch eine kinetische Energie, die der Hubschrauber bei der Landung infolge der Sinkgeschwindigkeit auslöst.

Außerdem muß bei der Konstruktion noch ein gewisser Sicherheitsfaktor berücksichtigt werden. Deshalb wird im allgemeinen gefordert, daß die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion mindestens dreimal so groß sein soll wie die Startmasse des Hubschraubers. Allein für einen mittelgroßen Verkehrshubschrauber vom Typ Mi - 4 (Startmasse 7200 kg) müßte also die Tragfähigkeit der Dachkonstruktion über 20 t betragen. Eine solch hohe Tragfähigkeit läßt sich aber nur durch eine spezielle Stahlbeton- oder Spannbetonbauweise erreichen.

Um diese hohen örtlichen Belastungen zu vermeiden, wurde schon in Erwägung gezogen, auf dem Dach ein Wasserbecken anzulegen. Dadurch würde

sich die Belastung bei der Landung gleichermaßen verteilen, weil das Wasser als Polster den Landedruck abfängt. Diese Vorschläge erscheinen für die Zukunft ganz zweckmäßig, denn die meisten modernen Hubschrauber besitzen Stützwimmer, so daß sie sowohl auf festem Boden als auch auf Wasserflächen starten und landen können.

Die Kanten des Dachlandeplatzes sollen möglichst abgerundet sein, damit keine Turbulenzerscheinungen auftreten. Bei den Dachlandeplätzen muß weiterhin Vorsorge getroffen werden, daß bei einer ungenauen Landung ein Überrollen der Dachfläche verhindert wird. Auch hinsichtlich der Einhaltung der Brandschutzvorschriften ergeben sich weitere Schwierigkeiten, weil die Lagerung von Betriebsstoffen in Gebäuden nicht zulässig ist.

Aus dieser kurzen Übersicht geht hervor, daß die Bauausführung eines Hubschrauber-Dachlandeplatzes sehr kompliziert ist und deshalb auch recht kostspielig sein muß.

Für einen Großlandeplatz auf dem Saiku-Kaufhaus in Tokio, der im August 1959 fertiggestellt wurde, sind beispielsweise Baukosten in Höhe von 150 Mill. Yen (rund 17,5 Mill. DM) angefallen.<sup>5)</sup> Dieser Heliport ist mit einer 98 m langen und 43 m breiten Landefläche allerdings auch der derzeit größte Dachlandeplatz der Welt. Obwohl er eine Höhe von 35 m über Grund aufweist, besitzt er eine hohe Tragfähigkeit. Sogar Großhubschrauber vom Typ Vertol V - 107 können diesen Dachlandeplatz benutzen. Die Ausmaße und die Tragfähigkeit dieses Landeplatzes mögen vielleicht imponieren. Es ist aber zu bedenken, daß man für 17,5 Mill. DM den Bau von rund 700 Wohnungen finanzieren kann! Dabei muß noch berücksichtigt werden, daß die Baukosten in Japan auf Grund des niedrigen Lohnniveaus noch relativ billig sind.

Aus diesen Zahlen ist zu erkennen, daß große Dachlandeplätze vorerst nur Ausnahmefälle sein werden und daß der Hubschrauberverkehr in der nächsten Zeit hauptsächlich auf Bodenplätzen abgewickelt wird.

#### ***Das Lärmproblem***

Neben der Wirtschaftlichkeit ist der Lärm die Hauptfrage beim Verkehrseinsatz des Hubschraubers. Ohne eine wirksame Geräuschkämpfung ist ein intensiver Flugbetrieb in den Zentren der Städte nicht durchführbar.

Die starke Lärmentwicklung ist ein Hauptgrund dafür, daß sich der Hubschrauber bisher als Verkehrsmittel noch nicht richtig durchsetzen konnte. Wegen der Geräuschbelästigung wird der Einsatz von Hubschraubern im Stadtzentrum vielfach sogar grundsätzlich abgelehnt. Der schweizerische Rechtswissenschaftler Oftinger schreibt zum Beispiel hierzu:

„Die Helikopter dürfen in unseren Ortschaften, namentlich inmitten unserer Städte nicht zugelassen werden. Die bereits im Gange befindlichen Bestrebungen, Zubringerdienste mit diesen Fahrzeugen einzurichten, beweisen eine

<sup>5)</sup> Vgl. Aero, Heft 12/1959, Seite 292

auffallende Verkennung der im Spiele stehenden Werte. Auch wenn man im Ausland mit dem ungunstigen Beispiel vorangeht, so brauchen wir nicht zu folgen.“<sup>6)</sup>

Im Gegensatz zum Starrflügler überfliegt der Hubschrauber in niedriger Höhe bebaute Gebiete, wenn er mitten in der Stadt landet und startet. Dadurch wird außer durch den Straßenverkehr zusätzlicher Lärm im Zentrum der Stadt erzeugt. Die Geräuschbelästigung der Bevölkerung durch den Hubschrauber wird beträchtlich sein. Um Fehlinvestitionen zu vermeiden, muß deshalb bei der Auswahl der Flächen für den Landeplatz von vornherein die nötige Rücksicht auf die in der Umgebung wohnenden Menschen genommen werden. Vor dem Bau des Stadtlandeplatzes und vor der Festlegung der Flugwege müssen eingehende Untersuchungen angestellt werden, um festzustellen, ob die Lärm-belästigung tragbar ist.

Es ergibt sich also die Frage, ob die Lärmeinwirkung des Hubschrauberflugbetriebes der Bevölkerung überhaupt zugemutet werden kann bzw. wie hoch die Geräuschbelästigung sein darf. Diese Frage ist nicht leicht zu beantworten. Der Luftverkehr soll den Menschen schnelle und angenehme Reisen ermöglichen, er soll zur Erhöhung des materiellen und kulturellen Lebensniveaus der Bevölkerung beitragen. Auf der anderen Seite kann aber dieser schnelle und bequeme Luftverkehr auch zu einer Störung und Belästigung der Menschen führen.

Manche meinen, der Lärm sei eine Begleiterscheinung der modernen Technik und müsse eben in Kauf genommen werden. Das darf aber nicht sein, denn Lärm stört, und starker Lärm schädigt sogar die Gesundheit. Auch die moderne Technik darf sich nicht nachteilig auf das Recht und das Bedürfnis der Menschen nach Ruhe und Entspannung auswirken. Sonst kann man eben die Technik nicht als Fortschritt bezeichnen.

Es ist aber nicht einfach zu beurteilen, in welcher Lautstärke der Lärm für die Öffentlichkeit tragbar ist, da die Empfindlichkeit bei den einzelnen Menschen sehr unterschiedlich ist. Der eine fühlt sich bereits durch einen geringen Lärm belästigt, während der andere durch den gleichen Lärm noch nicht gestört wird.

Für die Beurteilung des höchstzulässigen Lärms der Hubschrauber ist der Lärmpegel der Umgebung von großer Bedeutung. Je geringer der Lärm am Boden ist, um so mehr wird der Hubschrauber stören. Im allgemeinen wird gefordert, daß der Lärm des Hubschraubers in 50 m Höhe nicht mehr als 15 Phon über dem jeweiligen Lärmniveau der betreffenden Gegend liegen soll. Dabei soll der absolute Lärm am Tage nicht höher als 75 Phon sein und bei Nacht nicht mehr als 55 Phon betragen. Als Vergleich hierzu sei angeführt, daß der Lärm einer Hauptverkehrsstraße etwa bei 70 Phon liegt. Bei diesem Vergleich ist aber zu berücksichtigen, daß ein Phon eine logarithmische Größe ist, so daß ein Geräusch bereits doppelt so stark erscheint, wenn es um 8 bis 10 Phon verstärkt wird.

6) K. Oftinger, „Lärmbekämpfung als Aufgabe des Rechts“, Verlag Schultheß & Co., Zürich 1956, Seite 117

Genauere Werte über die Lärmabstrahlung der modernen Hubschrauber sind nicht bekannt. Feststeht aber, daß die genannten Forderungen – vor allem von den Großhubschraubern – noch nicht erfüllt werden. Besonders das für die Nachtstunden geforderte Lärmhöchstmaß von 55 Phon ist bei weitem noch nicht erreicht. Das bedeutet, daß zumindest nachts keine Starts und Landungen stattfinden dürfen, wenn Hubschrauberlandeplätze in unmittelbarer Nähe von Wohngebieten angelegt werden.

Der Hubschrauber ist also wegen seiner hohen Lärmentwicklung noch nicht als Verkehrsmittel für das Zentrum der Städte einsatzreif. Aus diesem Grunde befinden sich die in anderen Ländern bereits vorhandenen Landeplätze auch meist nur am Rande der Stadt oder an etwas abseits gelegenen Stellen. Wie nachteilig sich aber eine solche abseitige Lage hinsichtlich der Gesamt-Beförderungszeit auswirkt, wurde bereits dargelegt. Der Hauptvorteil des Hubschraubers kommt dadurch nicht voll zur Geltung.

In der letzten Zeit sind in der Geräuschverminderung beachtliche Fortschritte zu verzeichnen. In Westdeutschland wurde zum Beispiel ein Schalldämpfer speziell für Hubschrauber-Kolbenmotoren entwickelt, mit dem recht gute Ergebnisse erzielt werden konnten. Bei Versuchen an einem Hubschrauber vom Typ Bell – 47 konnte z. B. der Triebwerkslärm um nicht weniger als 75 Prozent gesenkt werden. Das Prinzip dieses Schalldämpfers beruht auf der Zerlegung und Druckminderung der Auspuffgase. Dadurch wird die stoßartige Ausströmung weitestgehend beseitigt, und es entsteht ein nahezu kontinuierlicher Gasstrom mit einer bedeutend geringeren Lautstärke.

Die großen modernen Hubschrauber werden aber ausschließlich mit Gasturbinen angetrieben. Turbinen sind zwar im allgemeinen etwas ruhiger als Kolbenmotoren. Sie haben aber den Nachteil, daß infolge außerordentlich hochfrequenter Schwingungen sehr unangenehm klingende Geräusche entstehen.

Man beschäftigt sich zur Zeit mit der Entwicklung elektronischer Schallabsorbierer, die besonders für die Dämpfung der hochfrequenten Schallwellen geeignet sein sollen. Hierbei wird eine Überlagerung der Schallwellen herbeigeführt, so daß dadurch eine Lärminderung eintritt.

Beim Verkehrshubschrauber muß aber nicht nur nach außen, sondern vor allem auch nach innen der Schall gedämpft werden. Beim Mi – 4 (Arbeitsvariante) hat der Geräuschpegel in der Kabine z. B. eine Lautstärke von 112 bis 118 Phon. Für den Verkehrseinsatz – und auch für den Sanitätsdienst – ist ein derartiger Lärm nicht vertretbar.

Obwohl der größte Anteil des Hubschrauberlärms vom Triebwerk kommt, so dürfen doch die Geräusche der Rotoren nicht vergessen werden. Außer dem Motorlärm entstehen beim Hubschrauber durch die hohen Umlaufgeschwindigkeiten der Blattenden der Drehflügel hochfrequente Geräusche, die sehr unangenehm empfunden werden. Außerdem werden durch die Schlag- und Schwenkbewegungen der Blätter noch eigenartige Untergeräusche verursacht. Aus aerodynamischen Gründen werden sich aber die Umdrehungszahlen der

Rotoren kaum verringern lassen, so daß diese lästigen Geräusche nicht beseitigt werden können. Der Hubschrauber wird also nie ganz „leise“ werden.

Beim Hubschrauber ist die Lärmeinwirkung und die Schallabstrahlung aus mehreren Gründen ungünstiger als beim normalen Starrflügelflugzeug. Der Lärm der Flugzeuge setzt sich zusammen aus dem Lärm der Luftschauben und dem Motorlärm (bzw. bei Strahltriebwerken aus dem Lärm der Turbinen). Die Schallenergie der Luftschauben und auch der Auspufflärm wird durch den Propellerwind nach hinten abgestrahlt. Auch beim Strahltriebwerk ist im Horizontalflug eine Schallabstrahlung nach hinten vorhanden. Beim Hubschrauber ist das aber nicht so, denn die Rotoren drehen sich nicht vertikal, sondern in der horizontalen Ebene. Der Motorenlärm des Hubschraubers wird deshalb von den kreisenden Rotorenblättern nach oben abgeschirmt und nach unten – also in Richtung des Bodens – reflektiert.

Da sich ein Starrflügler meist über freiem, unbebautem Gelände bewegt, wird der Schall vom Boden absorbiert. Der Verkehrshubschrauber fliegt dagegen zum großen Teil über bebaute Gebiete. Hier wird der Schall von den festen Straßen und von den Gebäuden reflektiert. Auch dadurch ist die Belästigung größer. Außerdem stößt ein Hubschrauber wegen seiner geringeren Flugeschwindigkeit auch länger als ein Starrflügler, der auf Grund der hohen Geschwindigkeit meist bald wieder außer Hörweite ist.

Um beim Flugbetrieb mit Hubschraubern über bewohnten Gebieten die Lärmbelästigung so niedrig wie möglich zu halten, ist es notwendig, neben den technischen Möglichkeiten der Lärminderung auch noch entsprechende betriebliche Maßnahmen durchzuführen.

Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die An- und Abflugwege des Stadtlandeplatzes nach Möglichkeit nicht über Wohngebiete führen soll. Das gleiche gilt für Gebäude, deren Insassen besonders lärmempfindlich sind, wie zum Beispiel Krankenhäuser oder Schulen. Im Stadtzentrum soll der Start des Hubschraubers in einem möglichst steilen Winkel vor sich gehen, damit schnell eine größere Flughöhe erreicht wird. Die Stärke des Schalls nimmt ja bekanntlich mit dem Quadrat der Entfernung ab.

Auch durch diese betrieblichen Maßnahmen kann die Lärmbelästigung durch den Hubschrauber beträchtlich herabgesetzt werden.

### ***Überblick über den Hubschrauberverkehr im Ausland***

Die **USA** hatten während des zweiten Weltkrieges keinerlei Zerstörungen durch Kriegseinwirkungen in der Wirtschaft erfahren müssen. Dadurch erlangten die USA in der Entwicklung des Hubschraubers, der zunächst für militärische Zwecke gedacht war, bei Kriegsende einen gewissen Vorsprung. Nach Kriegsende suchte man neue Profitquellen aus dem Hubschraubereinsatz. Somit begann 1947 in Los Angeles der Hubschrauberverkehr, und zwar vom Hauptpostamt zum 12 km entfernten Flughafen. Gegenwärtig finden 20 Flüge täglich statt. Außerdem sind heute mehr als 40 Vororte von Los Angeles in das Hubschrauber-Postliniennetz einbezogen. 1949/50 beförderten die Los Angeles Airways 221 Mill. Briefe, 1959 rund 2200 t Luftpost.

1949 nahm man ebenfalls mit dem Bell - 47 in Los Angeles die regelmäßige Personenbeförderung vom Stadtzentrum zum „International Airport“ auf. Die Los Angeles Airways fliegen jetzt 15 Landeplätze in Los Angeles an und bedienen mehr als 20 Vorstädte.

Im Jahre 1959 wurden in Los Angeles über 43 000 Passagiere mit dem Hubschrauber befördert.

Gegenwärtig sind in Los Angeles für den Personentransport Hubschrauber vom Typ Sikorsky S - 55 (10 Plätze) im Einsatz. Der S - 55 soll aber 1961 durch den modernen 25sitzigen Großhubschrauber Sikorsky S - 61 ersetzt werden.

In Los Angeles bestehen für einen Hubschrauberverkehr günstige Voraussetzungen: einmal durch die hohe Bevölkerungszahl - in den von dem Hubschrauber angeflogenen Gebieten wohnen mehr als 7 Millionen Menschen -, andermal durch die weitläufige Bebauung dieser Stadt. Außerdem erreicht infolge des dichten Bodenverkehrs der Hubschrauber gegenüber dem Kraftwagen einen recht erheblichen Zeitvorteil.

Auch in New York und Chicago gibt es einen Hubschrauber-Linienverkehr. In New York finden seit Oktober 1952 regelmäßig Postflüge mit dem Hubschrauber statt. Ein Jahr später eröffneten die New York Airways einen Hubschrauber-Passagierdienst zwischen den drei Flughäfen Idlewild, La Guardia und Newark. Die ausländischen Luftverkehrsgesellschaften fliegen meist Idlewild an, während auf den beiden anderen Flughäfen hauptsächlich der Inlandsverkehr abgewickelt wird. Ein großer Teil der Inlands-Transitpassagiere muß also in New York erst zu einem anderen Flughafen, bevor er den Weiterflug antreten kann.

Ende 1956 wurde in der Innenstadt von New York - am Hudson River in Manhattan (Abb. 43) - ein Hubschrauberlandeplatz eröffnet, so daß seit dieser Zeit ein Zubringerverkehr vom Stadtzentrum zu den Flughäfen besteht.

Weiterhin werden einige New Yorker Vorstädte - zum Beispiel Teterboro und Stamford - von Hubschrauberlinien bedient.



Abb. 43 Hubschrauberlandeplatz am Hudson River in New York

Infolge der hohen Verkehrsdichte auf den Straßen ist der Zeitgewinn, der in New York durch den Hubschrauber erzielt wird, ganz beträchtlich. Eine Fahrt mit dem Taxi vom Flughafen Idlewild nach Newark dauert z. B. rund zwei Stunden, mit dem Hubschrauber nur 25 Minuten. Der Hubschrauber ist also auf dieser Strecke fast 5mal so schnell wie der Kraftwagen. Auch auf den anderen Verbindungen zwischen den Flughäfen und der Innenstadt sowie im New Yorker Vorortverkehr bringt die Benutzung des Hubschraubers gegenüber den Bodenverkehrsmitteln erhebliche Zeiteinsparungen mit sich.

Während 1954 nur 8758 Passagiere den Hubschrauber benutzten, waren es 1956 bereits mehr als 43 000 und 1959 sogar rund 125 000 Fluggäste. Außer diesen Passagieren wurden 1959 rund 1000 t Luftpost, 590 t Expreßgut und 340 t Luftfracht befördert.

Obwohl sich die Verkehrsleistungen sprunghaft erhöhten, so haben die New York Airways noch bei weitem nicht die Rentabilität erreicht. Trotz der großen indirekten Zuschüsse durch die überhöhten Posttarife konnten im Jahre 1959 nur 33,3 Prozent der Betriebsausgaben durch Einnahmen gedeckt werden. Die Kostendeckung hat sich zwar von Jahr zu Jahr verbessert, der absolute Verlust wurde aber immer größer. 1959 betrug der Zuschuß 2 175 000 Dollar<sup>7)</sup>.

Die New York Airways sind aber in bezug auf die Rentabilitätsentwicklung sehr optimistisch. Man glaubt, ab 1965 ohne Subventionen auskommen zu können. Bis dahin sollen die gegenwärtig in Betrieb befindlichen 15sitzigen Kolbenhubschrauber Vertol V - 44 B durch 10 neue Allwetter-Hubschrauber vom Typ Vertol V - 107 mit 25 Plätzen und Turbinenantrieb ersetzt werden.

In Chicago wird seit 1949 ein Hubschrauber-Postdienst betrieben. Diese Postlinien wurden von Jahr zu Jahr weiter ausgebaut. Im Jahre 1959 bedienten die Chicago Helicopter Airways mit ihren Posthubschraubern vom Typ Bell - 47 G mehr als 50 Postämter in der Stadt und in der Umgegend. Dabei wurden rund 39 Millionen Luftpostbriefe befördert.

Der Hubschrauber-Passagierverkehr wurde in Chicago 1956 aufgenommen, und zwar zwischen den beiden Flughäfen Midway und O'Hare. Diese Linie weist heute eine außerordentlich starke Frequenz auf. Während des Sommerflugplanes 1960 fanden zwischen diesen beiden Flughäfen täglich 133 Flüge statt. Seit 1958 besteht in Chicago auch ein Hubschrauber-Zubringerdienst von der Innenstadt zu den Flughäfen. Außerdem fliegen die zwölfsitzigen Passagier-Hubschrauber vom Typ Sikorsky S - 58 nach den Vorstädten Winnetka und Gary.

Die Chicago Helicopter Airways beförderte 1958 108 911 Fluggäste, 1959 204 389. Man erwartet eine weitere sprunghafte Zunahme des Verkehrsaufkommens. Diese Beförderungsleistungen sollen durch den zusätzlichen Einsatz von 5 Großhubschraubern Sikorsky S - 61 (25 Plätze) erreicht werden (Abbildung 44).

7) Vgl. Wirtschaftskorrespondent Nr. 21/1960, Seite 19



Abb. 44 Dreimotoriger Turbinenhubschrauber Sikorsky S - 61 für 25 Passagiere  
Das untere Bild zeigt die Ausstattung des Fluggastraumes dieses Hubschraubers



Außer diesen drei Linien-Unternehmen in Los Angeles, New York und Chicago gibt es gegenwärtig in den USA und in Kanada über 80 Hubschrauber-Fluggesellschaften, die zusammen mehr als 400 Hubschrauber im Dienst haben. Diese Gesellschaften führen meist Charter- und Taxiverkehr durch.

Erwähnt werden soll vor allem die Okanagan Helicopter Airways in Vancouver (Kanada). Diese Gesellschaft besaß bereits 1959 mehr als 60 Hubschrauber und war damit das größte kommerzielle Hubschrauber-Unternehmen in den kapitalistischen Ländern. Sie will ihren Flugbetrieb noch weiter ausbauen. Insbesondere haben sie vor, künftig mit dem Kombinationsflugschrauber Fairey „Rotodyne“ einen Luftverkehr zwischen den Zentren einiger Großstädte einzurichten.

Die amerikanischen Hubschrauber-Chartergesellschaften arbeiten noch keineswegs rentabel. Einzelne Gesellschaften decken nur 15 Prozent ihrer Kosten durch Einnahmen<sup>8)</sup>. Der Rest wird durch Zuschüsse aus dem Staatshaushalt finanziert, um dem Konkurrenzdruck der anderen Verkehrsgesellschaften standzuhalten.

8) Vgl. Flugwelt, Heft 1/1958, Seite 20

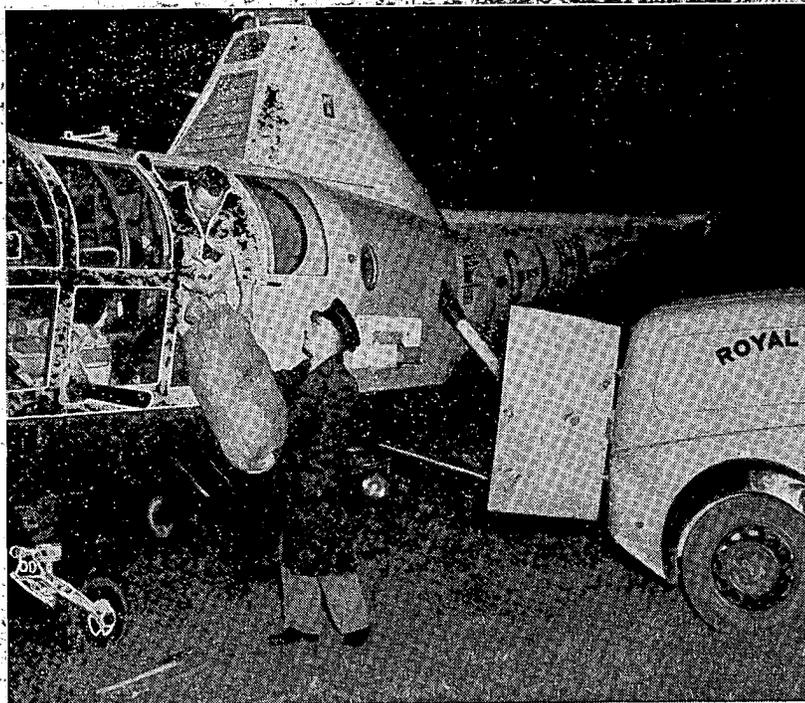


Abb. 45 Ein Posthubschrauber der BEA wird beladen

In **England** versprach man sich anfangs ebenfalls Profite aus dem Hubschrauberverkehr. Die British European Airways (BEA) gründete im Sommer 1947 eine spezielle Hubschrauberabteilung. Im gleichen Jahre begannen die ersten Versuche mit einem Luftpostdienst zwischen Cambridge und Norwich (Abb. 45). Der Hubschrauber bewährte sich hierbei recht gut, so daß auf der gleichen Strecke im Oktober 1950 eine Hubschrauber-Nachtpostlinie eingerichtet wurde. Bei diesen Flügen war es gut möglich, den Hubschrauber auf seine Eignung für den Einsatz bei Nacht und unter Schlechtwetterbedingungen – besonders bei starkem Nebel – zu prüfen. Die Ergebnisse waren durchaus zufriedenstellend.

Die BEA war auch sehr daran interessiert, den Hubschrauber für die Personenbeförderung einzusetzen. Besonders intensiv beschäftigte man sich in England in den Jahren von 1950 bis 1952 mit der Einführung eines Hubschrauber-Passagierverkehrs. Die Personenbeförderung mit Hubschraubern wurde im Mai 1950 mit einem Messe-Sonderflugdienst zwischen London und Birmingham eröffnet. Im Juni 1950 nahm die BEA den regelmäßigen Fluggastverkehr auf der Versuchslinie Liverpool–Cardiff auf. Die Passagierhubschrauber Sikorsky S – 51 legten diese 215 km lange Strecke in 1,45 Stunden zurück, sie waren also wesentlich schneller als die Eisenbahn. Einige Monate später wurden noch weitere Versuchsstrecken, zum Beispiel London–Southampton und Birmingham–Nottingham, eingerichtet.

Zu dieser Zeit hatte die BEA große Erwartungen in den Hubschrauber gesetzt. Man vertrat damals die Meinung, daß bis spätestens 1958 der gesamte Binnenluftverkehr Englands auf den Hubschrauber umgestellt ist. Bekanntlich hat sich diese Prognose nicht erfüllt. Im Gegenteil, die BEA stellte die Versuchslinien nach und nach wieder ein, weil sie außerordentlich unwirtschaftlich waren.

Dann wandte sich die BEA dem Zubringerdienst zu. Im Juli 1955 wurde der planmäßige Hubschrauber-Zubringerverkehr zwischen dem Waterloo Air Terminal am Südufer der Themse – dort befindet sich die Stadtabfertigung der BEA – und dem Londoner Flughafen aufgenommen.

Die Hubschrauber legen die 26 km lange Strecke in 15 Min. zurück, der Autobus dagegen in 45 Min. Die Hubschrauber fliegen zum großen Teil über der Themse in einer verhältnismäßig geringen Höhe von 150 m, während über bebauten Stadtteilen eine Mindestflughöhe von 300 m vorhanden sein muß.

Der von der BEA auf dieser Zubringerlinie erhobene Beförderungspreis ist ziemlich hoch. Er beträgt 1 £, 7 sh, das sind fast 16,- DM. Trotz diesem hohen Beförderungssatzes ist diese Hubschrauber-Zubringerlinie sehr gut ausgelastet (durchschnittlich 75 Prozent). Diese gute Auslastung ist auf das hohe Luftverkehrsaufkommen infolge der geographischen Lage Englands und der starken Frequenz der Nordatlantikroute zurückzuführen. Man muß bedenken, daß die BEA auch jetzt im Tagesdurchschnitt noch mehr als 5000 Passagiere mit Autobussen von der Stadtabfertigung zum Flughafen befördert.

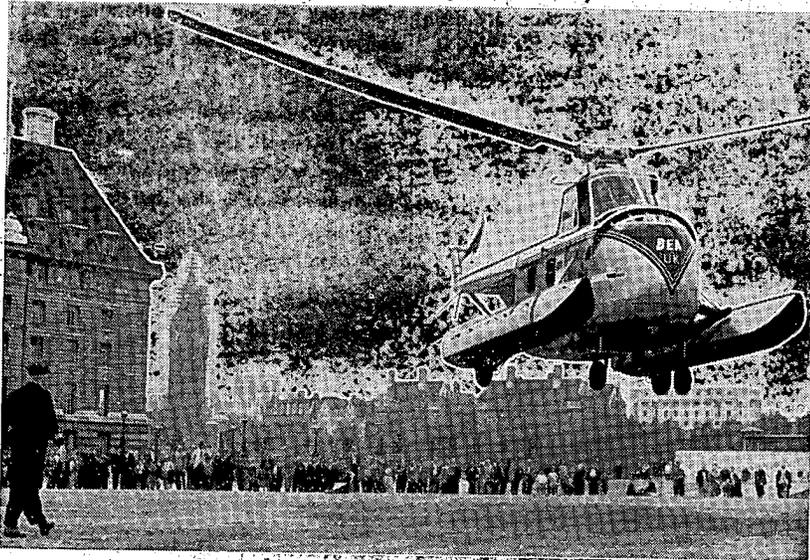


Abb. 46 Westland-S - 55 beim Start in der Londoner Innenstadt



Abb. 47 Hubschrauberflughplatz auf der Themse in London

Über die Betriebskosten dieses Zubringerdienstes ist nichts veröffentlicht. Aus Berichten der BEA geht aber hervor, daß trotz der hohen Tarife der Hubschrauberbetrieb noch keineswegs rentabel ist.

Die BEA hat aber auch ihre Pläne für einen zwischenstädtischen Drehflüglerverkehr noch nicht aufgegeben. Ab Herbst 1961 soll der Großhubschrauber Westland „Westminster“ im Luftverkehr zwischen mehreren englischen Städten eingesetzt werden. Besonders viel verspricht man sich aber von der Fairey „Rotodyne“. Die BEA will diesen Kombinationsflugschrauber sofort einsetzen, sobald die Bedingungen in bezug auf die Lärminderung erfüllt sind.

Außer der BEA gibt es in England noch eine Reihe kleinerer Gesellschaften, die Fracht- und Personentransporte im Charter- und Taxiverkehr mit Hubschraubern durchführen.

Bemerkenswert ist ferner, daß die Westland-Hubschrauberwerke im April 1959 im Londoner Stadtteil Battersae einen eigenen Heliport eröffnet haben. Es handelt sich hierbei um eine auf der Themse schwimmende Ponton-Landefläche. (Abb. 47.)

Dieser Landeplatz ist auch mit entsprechenden Befeuerungseinrichtungen ausgestattet, so daß auch Nachtlandungen möglich sind. Es ist der einzige Hubschrauber-Stadtländeplatz in Großbritannien, der Tag und Nacht benutzt werden kann. Die Firma Westland führt von diesem Landeplatz aus Rundflüge über London durch. Weiterhin wird ein Gelegenheitsverkehr für Urlauber und Geschäftsreisende innerhalb Englands betrieben.

In Belgien begann der Hubschrauberverkehr im August 1950, als die Sabena einen Hubschrauber-Postdienst aufbaute. Von den Posthubschraubern des Typs Bell - 47 D wurden zunächst 9 belgische Städte - u. a. auch Brüssel, Lüttich und Antwerpen - angefliegen. Später wurde noch Maastricht (Niederlande) in das Postnetz einbezogen.

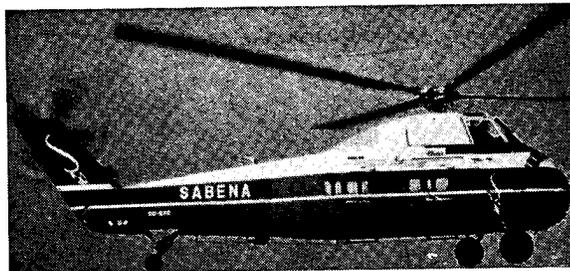
Bereits in den ersten drei Betriebsjahren beförderte die Sabena auf diesen Postlinien insgesamt 85 900 kg Luftpost.

Auf Grund der im Postdienst gesammelten Erfahrungen nahm sie im September 1953 die Passagierbeförderung auf den Linien Brüssel-Lille, Brüssel-Antwerpen-Rotterdam und Brüssel-Lüttich-Maastricht auf. Die Maastrichter Linie wurde kurze Zeit später nach Köln und Bonn verlängert. Im Juni 1955 wurde das Hubschraubernetz durch die Linie Brüssel-Eindhoven (Holland)-Duisburg-Dortmund erweitert. Im März 1957 folgte die Linie nach Paris.

Gegenwärtig bedient die Sabena mit ihren Passagierhubschraubern insgesamt 12 Städte in 4 Ländern. Das Hubschrauber-Streckennetz hat eine Länge von 1050 km.

In den ersten Jahren verwendete die Sabena auf ihren Passagierlinien Sikorsky S - 55 (7 Passagiere). Im Jahre 1957 wurden diese Maschinen durch die schnelleren Sikorsky S - 59 (12 Passagiere) abgelöst (Abbildung 48).

Abb. 48  
Zwölf­sit­ziger  
Passa­gier­hubschrauber  
Sikorsky S - 58  
der bel­gi­schen Luft­  
ver­kehr­ge­sell­schaf­  
t Sabena



3516 Fluggäste beförderte die Sabena im Jahre 1953 und 35 637 im Jahr 1959. 1958, im Jahr der Brüsseler Weltausstellung, wurden sogar mehr als 46 000 Passagiere befördert.

Obwohl der Hubschrauberverkehr selbst Zuschüsse erfordert, weil die Hubschraubertarife nur wenig über den 1.-Klasse-Tarifen der Eisenbahn liegen, so ist er doch – für die Sabena insgesamt – gewinnbringend. Der Hubschrauber-Passagierverkehr der Sabena wird hauptsächlich aus Konkurrenzgründen betrieben, um den Einzugsbereich des Brüsseler Flughafens Melsbroek zu erweitern. Das Heranholen zusätzlicher Passagiere für den Langstreckendienst der Sabena ist die Hauptaufgabe der Hubschrauberlinien. Nach Angaben der Flugesellschaft sind rund 40 Prozent der Hubschrauber-Fluggäste sogenannte „Zubringerpassagiere“. Die Sabena selbst bezeichnet ihre Hubschrauber als „Passagierkehrschaufeln“.

Brüssel liegt im Zentrum der dichtbesiedeltesten Gebiete Westeuropas. Nahezu 70 Millionen Menschen wohnen in dem Hubschrauber-Aktionsradius um Brüssel. Durch das Hubschraubernetz führt also die Sabena ihren rentablen Langstrecken eine bedeutende Zahl von Passagieren zu. Die Zuschüsse für die Hubschrauberlinien werden aus den Gewinnen des Langstreckenverkehrs finanziert. Das ist ohne weiteres möglich, denn der Anteil der Hubschrauberabteilung am Gesamtumsatz der Sabena beträgt nur rund 2,5 Prozent.

Der Hubschrauberverkehr der Sabena wird in betrieblicher und verkehrlicher Hinsicht denkbar einfach und unkompliziert abgewickelt. Die Aufenthaltszeiten bei den Zwischenlandungen betragen nur etwa 3 Minuten. Das ist dadurch möglich, daß man die sonst im Luftverkehr üblichen vielen Bordpapiere auf ein einziges Dokument reduzierte. Auf den Landeplätzen werden in der Regel nur zwei Angestellte beschäftigt.

Seit dem Jahre 1957 hat sich in der **Sowjetunion** die Aeroflot außerordentlich stark mit dem Einsatz des Hubschraubers im Luftverkehr befaßt.

Die Aeroflot verwendete erstmals im Jahre 1958 Hubschrauber im zivilen Luftverkehr, und zwar zunächst in gebirgigen Gebieten, wie Krim und Kaukasus.

Der erste regelmäßige Hubschrauberdienst wurde am 20. November 1958 auf der Krim zwischen Simferopol und dem bekannten Badeort Jalta eröffnet. Diese beiden Orte sind durch einen Gebirgszug mit Bergen bis zu 1500 m Höhe getrennt.

Die auf die Krim kommenden Urlauber benutzen gern diese bequeme und schnelle Hubschrauberverbindung, weil der Überflug über das Gebirge sehr interessant ist und unvergeßliche Eindrücke vermittelt, und weil sie Zeit sparen wollen. Der Hubschrauber ist auf dieser Verbindung sechsmal schneller als ein Kraftwagen. Die zehnsitzigen Passagierhubschrauber Mi-4 P legen die etwa 50 km lange Flugstrecke in 25 Minuten zurück. Die Fahrt mit dem Autobus auf der 160 km langen und kurvenreichen Gebirgsstrecke dauert dagegen etwa zweieinhalb Stunden.

Der Flugbetrieb auf dieser „Lufttaxi“-Strecke zwischen Simferopol und Jalta ist ganz beträchtlich. In den Sommermonaten werden täglich mehr als 300 Passagiere befördert. Der Flugpreis des Hubschraubers liegt nur wenig über dem Bustarif.

Der Hubschrauberverkehr auf der Krim wurde im Jahre 1959 durch die Strecken Simferopol-Alutschka und Simferopol-Anapa erweitert. In den nächsten Jahren soll aber der Hubschrauberdienst weiter ausgebaut werden. Allein an der Südküste der Krim ist der Bau von 15 Hubschrauberlandeplätzen für den Linien- und Gelegenheitsverkehr vorgesehen. Fast alle größeren Kurorte werden einen eigenen Landeplatz erhalten.

Im Kaukasus wurde der Hubschrauberverkehr ebenfalls im Jahre 1959 aufgenommen. Seit dem 2. April 1959 werden vom Flughafen Adler die Städte Sotschi, Gagra und Tuapse mit Hubschraubern angefliegen. Auch auf diesen Strecken kommt der Mi-4 P zum Einsatz (Abbildung 49).

Die steilen und schroffen Gebirgszüge des Kaukasus schaffen schwierige Bedingungen für die Bodenverkehrsmittel. Der Hubschrauber ist deshalb auch auf diesen Strecken um ein Mehrfaches schneller als die Eisenbahn oder der Kraftwagen.

Allein auf den Hubschrauberlinien auf der Krim und im Kaukasus beförderte die Aeroflot im Sommer 1959 mehr als 100 000 Fluggäste. Als Vergleich hierzu sei nochmals erwähnt, daß die Sabena auf all ihren Hubschrauberstrecken im gesamten Betriebsjahr 1959 nur 35 637 Passagiere beförderte. Dieser Vergleich läßt die schnelle Entwicklung und die große Bedeutung des Hubschrauber-Passagierverkehrs auf der Krim und im Kaukasus erkennen. Bereits ein Jahr nach der ersten Linienöffnung hatte die Aeroflot den stärksten Hubschrauberverkehr in Europa.

Um die langen Anfahrtszeiten zum Flughafen Scheremetjewo zu verkürzen, wurde am 20. Juli 1960 in Moskau ein Hubschrauber-Zubringerdienst von der Innenstadt nach Scheremetjewo eröffnet (Abbildung 50).

Der Stadtlandeplatz befindet sich an der Leningrader Chausee, gegenüber dem Dynamo-Sportstadion. Von diesem Abflugsort bis zum Flughafen Scheremetjewo



Abb. 49 Sowjetischer Passagierhubschrauber Mi - 4 P (10 Plätze) auf dem Flughafen Adler im Kaukasus

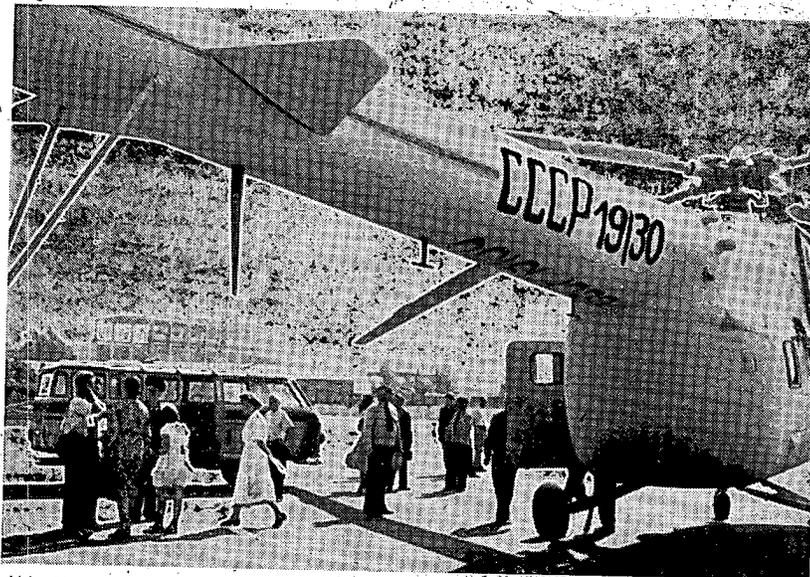


Abb. 50 Hubschrauber-Zubringerdienst in Moskau. Abfertigung auf dem Stadtlandeplatz

sind es etwa 25 km. Die zehnsitzigen Mi - 4 P legen diese Strecke in 10 bis 11 Minuten zurück. Die Fahrt mit dem Zubringerbus dauert wegen des dichten Straßenverkehrs dagegen eine Stunde. Eine Autobusfahrt von der Innenstadt bis zur Auslandsabfertigung in Scheremetjewo kostet 50 Kopeken, ein Flug mit dem Hubschrauber 3 Rubel und mit einem Taxi 5 Rubel.

Im Laufe des Jahres 1961 wird in Moskau auch ein besonderer Hubschrauber-Postdienst eingerichtet. Auf dem neuerbauten Hauptpostamt in der Moskauer Innenstadt wurde hierfür bereits ein Dachlandeplatz angelegt. Für den Postdienst sollen Hubschrauber vom Typ Ka - 18 verwendet werden.

In Moskau ist weiterhin vorgesehen, im südwestlichen Teil der Hauptstadt, wo große neue Wohnkomplexe errichtet werden, einen Hubschrauberlandeplatz für den Lufttaxidienst zu bauen.

In der Sowjetunion hat man in der letzten Zeit auch noch in anderen Gebieten Hubschrauberdienste eingerichtet.

Im Februar 1960 wurde eine Hubschrauberlinie zwischen Frunse, der Hauptstadt der Kirgisischen SSR, und der Nachbarstadt Lugowaja eröffnet. Für die wüstenartigen und gebirgigen Gegenden Mittelasiens hat der Hubschrauber eine ganz besondere Bedeutung. Große Gebiete sind für die Bodenverkehrsmittel nur außerordentlich schwer zugänglich. Als wichtigste Linie Mittelasiens wurde im Juli 1960 die Hubschrauber Verbindung von der usbekischen Hauptstadt Taschkent nach Angren in Betrieb genommen.

Auch in der Ukraine sind bereits Verkehrshubschrauber im Einsatz. Seit Anfang April 1960 sind drei wichtige Stadtteile der Hauptstadt Kiew durch eine Hubschrauberlinie verbunden. Im Raume von Lwow und Umgegend ist ebenfalls die Aufnahme eines Hubschrauberluftverkehrs vorgesehen.

Im Sommer 1960 wurde zwischen den Städten Archangelsk und Sewerodwinsk am Weißen Meer der regelmäßige Flugdienst mit Hubschraubern aufgenommen. Diese 60 km lange Strecke wird täglich viermal befliegen. Auch auf der benachbarten Halbinsel Kola werden bereits seit einiger Zeit in starkem Maße Hubschrauber für die Beförderung von Passagieren, Fracht und Post verwendet. Als Beispiel für Sibirien kann die Linie Irkutsk-Kobljakowo angeführt werden. Diese Hubschrauber Verbindung ist vor allem für den Postdienst und für den Verkehr zu den großen Holz- und Fischereikolchosen des Irkutsker Gebietes von großer Wichtigkeit, denn das Baikalseegebirge ist für die erdgebundenen Verkehrsmittel außerordentlich schwer befahrbar. Durch den Hubschrauber werden die Transportzeiten in diesem Gebiet nicht nur um Stunden, sondern zum Teil sogar um Tage verkürzt.

Der Siebenjahrplan der Sowjetunion sieht eine gewaltige Entwicklung des Hubschrauberverkehrs vor. Grundsätzlich wird überall dort, wo man keine normalen Flugplätze für Starrflügler anlegen kann, der Luftverkehr mit Hubschraubern abgewickelt werden.

Auf dem riesigen Territorium der Sowjetunion gibt es viele solcher Gebiete, so daß auch eine große Zahl von Hubschrauber Verbindungen geplant ist. Allein

in der Russischen SFSR werden bis 1965 über 200 Hubschrauberlinien in Betrieb genommen. Das Streckennetz dieser Linien wird mehr als 10 000 km umfassen.

Auch hinsichtlich des verwendeten Fluggerätes wird sich einiges ändern. Die Hubschrauber-Passagierlinien der Aeroflot werden gegenwärtig ausschließlich mit dem Mi - 4 betrieben. Es ist vorgesehen, in diesen Hubschrauber an Stelle des Kolbenmotors eine Gasturbine einzubauen. Dadurch kann die Sitzkapazität auf 14 bis 18 Passagierplätze vergrößert werden.

In der nächsten Zeit werden in der Sowjetunion zweifellos auch die Großhubschrauber Jak - 24 und Mi - 6 im zivilen Luftverkehr zum Einsatz kommen. Es ist anzunehmen, daß diese Hubschrauber vor allem für den zwischenstädtischen Verkehr – zum Beispiel zwischen Moskau und Leningrad – verwendet werden, um die langen Zubringerzeiten der Starrflügler zu vermeiden.

Zusammenfassend kann man feststellen, daß gegenwärtig in der Sowjetunion große Anstrengungen gemacht werden, um Hubschrauber in großer Zahl für bestimmte Verkehrsaufgaben einzusetzen. Die Perspektiven des Siebenjahresplanes der UdSSR lassen erkennen, daß der Verkehrshubschrauber in der Sowjetunion eine große Zukunft hat.

Obwohl zur Zeit nur in der Sowjetunion, in den USA, in Belgien und in England ein Hubschrauberverkehr von größerem Umfang betrieben wird, so bemüht man sich gegenwärtig auch in vielen anderen Ländern, den Hubschrauber im Verkehr einzusetzen.

Von den sozialistischen Ländern sind es insbesondere die **Volksrepublik Polen** und die **CSSR**, die starkes Interesse für den Hubschrauber zeigen.

Bereits seit Sommer 1959 besteht ein Lufttaxiverkehr zwischen der Innenstadt und dem Flughafen von Warschau. Der Stadtlandeplatz befindet sich auf dem „Grand-Hotel“. Das Warschauer „Grand-Hotel“ ist zur Zeit das einzige Hotel in Europa, das einen eigenen Dachlandeplatz besitzt. Dort können für den Zubringerdienst die SM - 1 (3 Passagierplätze) starten und landen.

In Polen ist geplant, in der nächsten Zeit im Industriegebiet um Krakow einen zwischenstädtischen Passagierverkehr mit Hubschraubern einzurichten.

In der CSSR wird in den kommenden Jahren ein großzügiges Hubschraubernetz aufgebaut. In den Richtlinien für die Ausarbeitung des 3. Fünfjahresplanes heißt es u. a., daß in der CSSR in kürzester Zeit mit dem Betrieb von Senkrechtstartflugzeugen zu beginnen ist, um dadurch alle Bezirksstädte sowie alle bedeutenden Wirtschafts- und Erholungszentren durch den Luftverkehr zu verbinden.<sup>9)</sup> Es wird also nicht mehr lange dauern, bis auch in der benachbarten CSSR die ersten Verkehrshubschrauber zum Einsatz kommen.

In **Westdeutschland** wollte man bereits vor einigen Jahren mehrere Nahverkehrsstrecken mit Hubschraubern befliegen. Die Zuschüsse zu diesen Diensten sollten durch gleichzeitige Werbung finanziert werden.

<sup>9)</sup> Vgl. Letecky Obzor, Nr. 3/1960, Seite 77

Es war zum Beispiel vorgesehen, die Strecke Hannover–Osnabrück als „Nivea-Linie“ zu betreiben, während auf der Linie München–Frankfurt „Persil-Hubschrauber“ eingesetzt werden sollten. Diese Projekte können aber nicht als ernsthafte Versuche für den Verkehrseinsatz gewertet werden, weil Reklamezwecke im Vordergrund standen.

Wesentlich ernsthafter hat man sich aber schon in **Italien** mit dem Verkehrs-hubschrauber abgegeben.

Bereits seit 1957 wird in den Sommermonaten von Neapel nach den Inseln Capri und Ischia ein regelmäßiger Hubschrauberverkehr betrieben. Die italienische Luftverkehrsgesellschaft Alitalia verwendet hierfür den Typ Bell - 47 J. Der Bell - 47 J ist mit zusätzlichen Schwimmern versehen, so daß er sowohl auf dem Lande als auch auf dem Wasser starten und landen kann.

In Norditalien betreibt die Mailänder Luftverkehrsgesellschaft „Elipadana“ seit September 1959 verschiedene Hubschrauberlinien von Mailand nach Turin, Genua und Lugano. Diese Strecken werden mit dem Vertol - 44 B befliegen. Im Jahre 1961 soll eine weitere Linie von Mailand über Venedig nach Triest eröffnet werden.

Auch in **Frankreich** wurden schon im Jahre 1958 Hubschrauberdienste mit dem Vertol - 44 B zwischen Le Havre und Caen eingerichtet. Bei diesen Versuchsflügen konnten täglich rund 100 Passagiere befördert werden.

### ***Einsatzmöglichkeiten von Hubschraubern im Luftverkehr der DDR***

Die vorstehenden Ausführungen haben gezeigt, daß man sich jetzt in vielen Ländern stark für den Einsatz von Hubschraubern für Verkehrsaufgaben interessiert.

Es ist deshalb offensichtlich an der Zeit, daß man auch in der DDR beginnt, sich mit den Problemen des Hubschrauberverkehrs zu befassen. Das soll nicht heißen, daß man nun unbedingt dieses neuartige Verkehrsmittel sofort einsetzen soll.

Bekanntlich sind überall andere Bedingungen und Voraussetzungen für den Einsatz von Verkehrsmitteln vorhanden. Wenn der Hubschrauber in Moskau, London oder New York erfolgreich für Zubringeraufgaben herangezogen wird, so ist noch lange nicht gesagt, daß es auch in Berlin zweckmäßig ist, einen Zubringerdienst mit Hubschraubern einzurichten. Das gleiche gilt auch für den zwischenstädtischen Hubschrauberverkehr. Was beispielsweise für Belgien richtig ist, kann für die DDR falsch sein.

Man kann deshalb nicht einfach sagen: Im Ausland wird der Hubschrauber für Verkehrsaufgaben verwendet, also müssen wir das auch tun. Es ist vielmehr notwendig, daß – ausgehend von den spezifischen Verkehrsverhältnissen in der DDR und unter Berücksichtigung der Erkenntnisse und Erfahrungen des Auslandes – exakt untersucht wird, ob es zweckmäßig ist, Hubschrauber im Luft-

verkehr der DDR einzusetzen. Es muß sorgfältig geprüft werden, ob der Hubschrauber die betrieblichen und ökonomischen Voraussetzungen hat, einen volkswirtschaftlich nützlichen Beitrag zur Verbesserung des Verkehrs in der DDR zu leisten.

Eine solche genaue wissenschaftliche Untersuchung ist natürlich in diesem Rahmen nicht möglich. Es sollen vielmehr nur einige grundsätzliche Fragen angedeutet werden, um der Deutschen Lufthansa und den Forschungseinrichtungen des Verkehrswesens einige Anregungen und Hinweise für weitere Arbeiten auf diesem Gebiet zu geben.

Die Notwendigkeit derartiger Forschungsarbeiten ergibt sich in allererster Linie aus den Forderungen der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands und der Regierung der DDR, die Entwicklung des Verkehrswesens der DDR auf weite Sicht zu planen und die Perspektive aller Verkehrsträger gründlich zu erforschen. Auf der Grundlage dieser Erkenntnisse ist unter sozialistischen Produktionsverhältnissen die Möglichkeit gegeben, eine ökonomisch zweckmäßige und den Bedürfnissen entsprechende Arbeitsteilung zwischen den Verkehrsträgern vorzunehmen.

Einleitend muß man sich noch mit einer anderen grundsätzlichen Frage beschäftigen. Oft wird behauptet, die DDR sei durch die Bodenverkehrsmittel und durch die Fluglinien der Starrflügler verkehrsmäßig relativ gut erschlossen. Die bestehenden Verbindungen reichten doch aus, um die Verkehrsbedürfnisse zu befriedigen. Es bestünde also gar keine Notwendigkeit, einen Hubschrauberverkehr einzurichten.

Dazu ist grundsätzlich zu sagen, daß in unserer Gesellschaftsordnung durch die ständige Erhöhung des materiellen und kulturellen Lebensniveaus auch die Verkehrsbedürfnisse schnell steigen werden. Aus dieser allgemeinen Schlußfolgerung, die sich aus dem ökonomischen Grundgesetz des Sozialismus ableitet, ergibt sich die Notwendigkeit, die Verkehrseinrichtungen in der DDR entsprechend den wachsenden Bedürfnissen der Bevölkerung ständig zu verbessern.

In den nächsten Jahren ist bei der Deutschen Reichsbahn durch die Elektrifizierung oder den Diesellokomotivbetrieb und durch die allgemeine Verbesserung der Schienenwege zweifellos noch eine Erhöhung der Reisegeschwindigkeit möglich. Beim Kraftverkehr wird aber durch die starke Zunahme des Fahrzeugbestandes – trotz des weiteren Ausbaus der Straßen und Autobahnen – kaum eine nennenswerte Leistungssteigerung möglich sein.

Auch das normale Starrflügelflugzeug kann auf den kurzen Strecken innerhalb der DDR das Bedürfnis nach einer schnellen Beförderung nicht voll befriedigen, weil sich bei diesen geringen Entfernungen die Abfertigungs- und Zubringerzeiten zu nachteilig auf die Gesamtdauer der Luftreise auswirken.

Eine grundsätzliche Verbesserung der innerstaatlichen Verkehrsverbindungen der DDR ist also mit den gegenwärtigen Verkehrsmitteln nicht möglich. Zur

Befriedigung der ständig steigenden Verkehrsbedürfnisse müssen deshalb neuartige Verkehrsmittel herangezogen werden.

Der Hubschrauber käme als Verkehrsmittel in der DDR für folgende Aufgaben in Frage:

- a) für den Zubringerdienst zu den Flughäfen der Starrflügler;
- b) für den zwischenstädtischen Luftverkehr von Stadtzentrum zu Stadtzentrum.

Zunächst soll die Möglichkeit des Einsatzes des Hubschraubers als Zubringerfahrzeug kurz behandelt werden.

#### ***Hubschrauber im Zubringerdienst***

Es ist eine bekannte Tatsache, daß sich die langen Zubringerzeiten außerordentlich nachteilig auf den gesamten Luftverkehr der Starrflügelflugzeuge auswirken. Die hohe Geschwindigkeit der Flugzeuge kommt nicht voll zur Geltung, weil durch die langen Zeiten für das Zu- und Abbringen die Schnelligkeit des Flugzeuges zum Teil wieder verlorengelht.

In den nächsten Jahren werden schnelle Strahlverkehrsflugzeuge mit einer Geschwindigkeit von mehr als 800 km/h eingesetzt werden, so daß beispielsweise die reine Flugzeit von Berlin nach Budapest nur noch etwa eine Stunde betragen wird. Diese enorme Geschwindigkeit steht aber im krassen Widerspruch zu den langen Zubringerzeiten, denn um in Berlin vom Stadtzentrum zum Flughafen Schönefeld zu kommen, benötigt der Passagier auch fast eine Stunde.

Aber nicht nur im internationalen Verkehr müssen die Zubringerzeiten verkürzt werden. Ganz besonders gilt diese Forderung für den Inland-Luftverkehr, denn bei den kurzen Inlandstrecken ist das Verhältnis der Zubringerzeiten zur reinen Flugzeit noch ungünstiger. Der Flug von Berlin nach Dresden dauert zum Beispiel mit der IL - 14 nur 50 Minuten, während die Gesamtreisezeit rund 2½ Stunde beträgt.

Bei den Inlandsstrecken der DDR beträgt der Anteil der Bodenzeit (Zeit für Zu- und Abbringen und Abfertigungs- und Wartezeit auf den Flughäfen) etwa 50 bis 70 Prozent der Gesamtzeit der Flugreise. Von der Bodenzeit entfällt rund 2/3 auf die Zubringerzeit.

Aus dieser Gegenüberstellung geht klar hervor, daß in den langen Bodenzeiten noch große Reserven für eine Erhöhung der Geschwindigkeit des Luftverkehrs liegen. Die Senkung der Reisezeiten kann im Luftverkehr nicht nur durch schnellere Flugzeuge, sondern vor allem auch durch Verkürzung der Bodenzeiten erzielt werden. Dort ist in erster Linie der Hebel anzusetzen.

Um die Verlustzeiten des Luftverkehrs zu reduzieren, sind die gegenwärtig noch recht komplizierten und umständlichen Abfertigungsvorgänge soweit wie irgend möglich zu vereinfachen. Dadurch kann bereits wertvolle Zeit einge-

spart werden. Weiterhin müssen zur Vermeidung unnötiger Wartezeiten auf den Flughäfen die Fahrpläne der Zubringerfahrzeuge genau auf die Flugpläne abgestimmt werden.

Eine Erhöhung der Zubringergeschwindigkeiten kann man durch die Anlage von Schnellstraßen oder die Schaffung einer schienegebundenen Schnellbahn erreichen. Eine andere Möglichkeit zur Verkürzung der Zubringerzeiten besteht im Einsatz von Hubschraubern.

Eine wesentliche Zeiteinsparung läßt sich durch den Hubschrauber allerdings nur auf der Verbindung zwischen Berlin und dem Flughafen Schönefeld erzielen. In den anderen großen Flughafenstädten der DDR – Dresden, Leipzig, Erfurt und Karl-Marx-Stadt – ist die Lage des Flughafens so günstig, daß durch einen Hubschrauberzubringerdienst nur wenig Zeit eingespart werden könnte. In Leipzig, Erfurt, Karl-Marx-Stadt und Dresden lohnt sich schon rein zeitlich die Einrichtung eines Hubschrauber-Zubringerdienstes nicht.

Anders ist die Situation dagegen in Berlin. Hier fallen gegenwärtig recht lange Zubringerzeiten an. In der Presse wurde deshalb schon oft gefordert, daß man in Berlin Hubschrauber im Zubringerverkehr einsetzen sollte.

Zweifellos bedarf der derzeitige Zubringerverkehr zwischen Berlin und dem Zentralflyghafen Berlin-Schönefeld dringend einer Verbesserung. Obwohl der Flughafen Schönefeld nur etwa 20 km vom Stadtzentrum entfernt ist, beträgt die Fahrzeit der Autobusse 40 bis 45 Minuten. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, daß sich diese verhältnismäßig lange Zubringerzeit in erster Linie durch die gegenwärtige Spaltung Berlins ergibt, denn die kürzesten Straßenverbindungen, die durch Westberlin führen, können zur Zeit nicht benutzt werden. Die Fahrzeit der Zubringerbusse würde sich auf der Strecke über Neukölln-Rudow um rund 10 Minuten verringern.

Im Zusammenhang mit dem Ausbau des Flughafens Berlin-Schönefeld sind auch bedeutende Maßnahmen zur Verbesserung des gegenwärtigen Zubringerverkehrs vorgesehen.

Die Abfertigung der Passagiere, der Fracht und der Post wird in naher Zukunft nicht mehr im Südteil, sondern im Nordteil – also gegenüber dem Bahnhof Schönefeld – vorgenommen. Dadurch verringert sich die Zubringerentfernung um etwa 3 km. Um die Zufahrtsstraßen zu verbessern, ist der Bau einer Schnellstraße von Berlin-Grünau nach Schönefeld geplant. Ebenfalls soll das Adlergestell, die Verbindungsstraße von Adlershof nach Grünau, zweibahnig ausgebaut werden.

Am vorteilhaftesten für den Zubringerverkehr zum Flughafen Berlin-Schönefeld wird sich aber der direkte Anschluß an das Fern- und S-Bahnnetz der Deutschen Reichsbahn auswirken. Einmal ist vorgesehen, die S-Bahn von Grünau bis Schönefeld zu verlängern, zum anderen wird der Bahnhof Schönefeld zum Fernbahnhof ausgebaut.

Mit der Verwirklichung dieser Vorhaben wird sich die Zubringerzeit zum Zentralflyghafen Berlin-Schönefeld bereits etwas verkürzen.

Da durch den ständig steigenden Kraftfahrzeugbestand auch der Straßenverkehr stark zunehmen wird, muß für die Zubringerbusse mit einer Fahrzeit von 30 bis 35 Minuten gerechnet werden; auch die S-Bahn wird vom Stadtzentrum (Bahnhof Friedrichstraße/Alexanderplatz) bis nach Schönefeld 30 bis 40 Minuten benötigen.

Für Berlin, als Hauptstadt der Deutschen Demokratischen Republik, wäre es deshalb wünschenswert und vorteilhaft, wenn als Ergänzung zu den bodengebundenen Zubringerfahrzeugen noch eine zusätzliche Schnellverbindung per Hubschrauber vom Stadtzentrum zum Zentralflughafen Berlin-Schönefeld geschaffen würde.

Unter den gegenwärtigen Bedingungen in Schönefeld (Abfertigung im Südteil des Flughafens) beträgt der Zeitgewinn des Hubschraubers gegenüber dem Autobus etwa 25 bis 30 Minuten. Wenn die Abfertigung in Schönefeld nach dem Nordteil verlagert wird, läßt sich noch eine Zeiteinsparung von 20 bis 25 Minuten erzielen.

Eine Zeiteinsparung von 20 Minuten rechtfertigt aber noch keineswegs den Einsatz des Hubschraubers, denn bei der Beurteilung der Zweckmäßigkeit und der ökonomischen Richtigkeit für den Einsatz der Verkehrsmittel ist nicht nur der Zeitvorteil maßgebend, sondern neben der Beförderungszeit sind vor allem noch die dabei entstehenden Kosten entscheidend.

Bei dem relativ geringen Zeitvorteil von 20 bis 25 Minuten dürfen die Beförderungspreise des Hubschraubers nur wenig über den Bustarifen liegen, wenn der Zubringerhubschrauber gut ausgenutzt werden soll.

Heute liegen aber noch die Betriebskosten des Hubschraubers um ein Vielfaches höher als die der bodengebundenen Verkehrsmittel. Wenn also durch die Einnahmen des Hubschrauberflugbetriebes eine volkswirtschaftlich vertretbare Kostendeckung erreicht werden soll, dann müssen zwangsläufig auch die Tarife des Hubschraubers wesentlich höher sein als die Beförderungspreise des Autobusses oder der S-Bahn.

Wenn für den Hubschrauber im Zubringerdienst ein Tarifsatz von 0,30 DM je Personenkilometer angenommen wird, so ergibt das im Verkehr zwischen dem Flughafen Schönefeld und der Innenstadt von Berlin einen Preis von etwa 6,50 DM. Wer ist aber bereit, für einen Zeitgewinn von 20 Minuten einen Mehrpreis von rund 5,- DM zu bezahlen? Die hohen Hubschraubertarife würden nur solche Passagiere auf sich nehmen, bei denen ein außerordentlich hohes Eilbedürfnis vorliegt. Das sind aber nur sehr wenige.

Zur Zeit ist das Verhältnis zwischen dem Zeitvorsprung und den Mehrkosten des Hubschraubers im Zubringerverkehr nach Berlin-Schönefeld sehr ungünstig. Es muß eindeutig festgestellt werden, daß der relativ geringe Zeitgewinn die hohen Kosten, die beim Betrieb der gegenwärtig verfügbaren Hubschrauber entstehen, nicht rechtfertigt.

So sehr es notwendig und wünschenswert ist, in Berlin zusätzlich zu den bodengebundenen Zubringermöglichkeiten eine Hubschrauber-Schnellverbindung zwischen dem Stadtzentrum und dem Zentralflughafen Berlin-Schönefeld einzurichten, so muß es doch abgelehnt werden, zur Zeit einen solchen Dienst aufzunehmen. Die Voraussetzungen für einen volkswirtschaftlich vertretbaren Hubschrauber-Zubringerverkehr sind gegenwärtig in der DDR noch nicht gegeben.

Einmal muß das gesamte Verkehrsaufkommen des Luftverkehrs noch bedeutend größer werden, um eine ausreichende Ausnutzung des Hubschraubers im Zubringerverkehr zu gewährleisten. Außerdem können die gegenwärtig zur Verfügung stehenden Hubschrauber die Anforderungen, die hinsichtlich Sicherheit, Regelmäßigkeit (Schlechtwetterbedingungen) und Wirtschaftlichkeit an ein Zubringerfahrzeug zu stellen sind, noch nicht voll erfüllen. Hinzu kommt, daß die Lärmbelastigung der derzeitigen Hubschrauber im Stadtzentrum noch zu groß ist.

Erst wenn mehrmotorige, geräuscharme und vor allem wirtschaftlichere Typen zur Verfügung stehen, ist unter den bei uns gegebenen Bedingungen ein ökonomisch vertretbarer Zubringerverkehr möglich. Es ist deshalb abzulehnen, gegenwärtig in der DDR einen Hubschrauber-Zubringerdienst einzurichten.

#### ***Erweiterung des Luftverkehrsnetzes der DDR durch Hubschrauber-Zubringerlinien***

Der weitere Ausbau der Inlandflugverbindungen ist eine Hauptaufgabe der Deutschen Lufthansa in den nächsten Jahren.

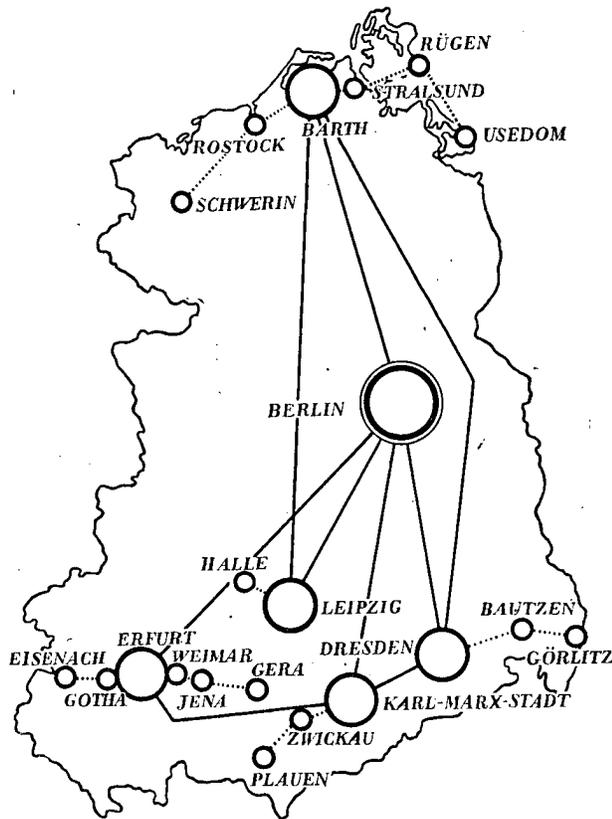
Eine ganze Reihe wichtiger Städte, wie Rostock, Magdeburg, Halle, Cottbus und Plauen, um nur einige zu nennen, sind gegenwärtig noch nicht am Luftverkehr beteiligt. Die Ursache ist meist darin zu suchen, daß in der Nähe dieser Städte keine Flugplätze vorhanden sind, auf denen normale Verkehrsflugzeuge starten und landen können. Die modernen Flughäfen mit ihren langen Betonpisten sind aber nicht von heute auf morgen aus dem Boden zu stampfen. Außerdem kosten sie viel Geld.

Durch den Hubschrauber ist aber die Möglichkeit gegeben, auch diese Städte an das Luftverkehrsnetz anzuschließen, denn der Hubschrauber stellt ja nur geringe Anforderungen an die Bodeneinrichtungen. Auch kleinere Orte könnten dadurch zu einer schnellen Verkehrsverbindung kommen.

Das Einzugsgebiet der bereits bestehenden Inlandflughäfen könnte durch den Hubschrauber erweitert werden, indem der Hubschrauber einen Teil des Zubringer- und Verteilerverkehrs nach anderen Städten übernimmt. Es ist bekannt, daß gute und schnelle Verbindungen den unmittelbaren Einzugsbereich eines Flughafens vergrößern und seinen Verkehrswert erhöhen.

Folgende Hubschrauber-Zubringerlinien sind zum Beispiel denkbar (Abbildung 51):

Abb. 51 Möglichkeiten der Erweiterung des Luftverkehrsnetzes der DDR durch Hubschrauber-Zubringerlinien



DEUTSCHE DEMOKRATISCHE REPUBLIK  
Maßstab 1 : 2 500 000  
———— = Linien der Starrflügler  
..... = Hubschrauber-Zubringerlinien

von Barth über Rostock nach Wismar und Schwerin,  
von Barth nach Stralsund (in den Sommermonaten weiter nach den  
Inseln Rügen und Usedom),  
von Leipzig nach Halle,  
von Erfurt über Gotha nach Eisenach,  
von Erfurt über Weimar und Jena nach Gera.  
von Karl-Marx-Stadt über Zwickau nach Plauen,  
von Dresden über Bautzen nach Görlitz.

Diese Linien hätten nicht nur Zubringerfunktionen zu erfüllen, sondern müßten auch als zwischenstädtische Verkehrsverbindungen dienen.

Es ist nicht Aufgabe dieses Beitrages, die Verkehrsbedürfnisse für einen solchen Zubringerverkehr nachzuweisen und exakte Wirtschaftlichkeitsberechnungen anzustellen. Wenn jedoch ein zwischenstädtischer Verkehr mit betrieben wird, dann wäre zweifellos für die oben genannten Strecken beim Einsatz eines mittelgroßen Hubschraubers – zum Beispiel des Mi - 4 – eine gute Auslastung vorhanden.

Allerdings müßten dann auch die Beförderungspreise verhältnismäßig niedrig sein. Der Tarif dürfte höchstens 20 Pfennig pro Personenkilometer betragen. Die Betriebskosten der heutigen Hubschrauber sind jedoch noch bedeutend höher, so daß zur Zeit die Inbetriebnahme solcher Hubschrauber-Zubringerlinien aus Wirtschaftlichkeitsgründen nicht vertretbar ist.

#### ***Hubschrauber im Verkehr zwischen den Zentren der Städte***

Die größten Aussichten des Verkehrshubschraubers liegen in der Deutschen Demokratischen Republik im Direktverkehr zwischen den Zentren der Städte. Wenn die erforderlichen betrieblichen und wirtschaftlichen Voraussetzungen gegeben sind, könnte durch den Hubschrauber die derzeitige Lücke im Inlandverkehr geschlossen werden. Der Einsatz von Hubschraubern würde eine wesentliche Verbesserung der Verkehrsverbindungen innerhalb der DDR mit sich bringen.

Im Direktverkehr von Stadtzentrum zu Stadtzentrum kann der Hubschrauber gegenüber der Eisenbahn und auch gegenüber dem Starrflügler einen ganz erheblichen Zeitvorsprung erzielen (vgl. Tabelle 4).

In dieser Tabelle werden die Reisezeiten von Eisenbahn, Starrflüglern und Hubschraubern auf einigen wichtigen Inlandsstrecken verglichen. Bei der Eisenbahn ist dabei jeweils die schnellste Verbindung angeführt. In der Reisezeit des Starrflügelflugzeuges sind außer der reinen Flugzeit auch die Zubringer-, Abfertigungs- und Wartezeiten enthalten. Die Flugzeit des Hubschraubers wurde auf der Basis einer Blockgeschwindigkeit von 180 km/h und unter Zugrundelegung der jeweiligen Eisenbahntfernung errechnet. Normalerweise ist die Flugstrecke ja kürzer als die entsprechende Eisenbahnverbindung. In der DDR sind die Luftstraßen der derzeitigen Fluglinien jedoch zum Teil sogar länger als der Schienenweg, so daß es im Durchschnitt gesehen richtig sein dürfte, die Flugstrecke gleich der Bodenentfernung zu setzen.

134

**Gegenüberstellung der Reisezeiten von Schnellzug, Starrflügler und eines möglichen Hubschrauberverkehrs einiger wichtiger Inlandstrecken der DDR (Winter 1960/61)**

Tabelle 4

Strecke	Entfernung (km) 1)	Eisenbahn	Starrflügler	Hub- schrauber	Zeitgewinn des Hub- schraubers absolut gegenüber		Zeitvorsprungsmaß des Hubschraubers gegenüber	
		Fahrplan- zeit (Std., Min.)	Gesamt- reisezeit (Std., Min.)	Flugzeit 2) (Std., Min.)	Eisenbahn (Std., Min.)	Starrflügler (Std., Min.)	Eisenbahn (Sp. 3:5)	Starrflügler (Sp. 4:5)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Berlin – Dresden	180	2.47	2.30	1.00	1.47	1.30	2,8	2,5
Berlin – Leipzig	165	2.21	2.10	0.55	1.26	1.15	2,6	2,4
Berlin – Erfurt	271	3.42	2.30	1.30	2.12	1.00	2,5	1,7
Berlin – Karl-Marx-Stadt	211	3.28	2.50	1.10	2.18	1.40	3,0	2,4
Berlin – Rostock <sup>3)</sup>	258	3.56	4.05	1.26	2.30	2.39	2,7	2,8
Berlin – Magdeburg	149	2.17	–	0.50	1.27	–	2,7	–
Berlin – Cottbus	118	1.13	–	0.39	0.34	–	1,9	–
Dresden – Erfurt	253	4.21	–	1.24	2.57	–	3,1	–
Dresden – Magdeburg	244	4.23	–	1.18	3.05	–	3,4	–
Magdeburg – Rostock	280	4.02	–	1.33	2.29	–	2,6	–
Magdeburg – Karl-Marx-Stadt	204	3.22	–	1.08	2.14	–	2,9	–

1) Tarif-km der Eisenbahn

2) Es wurde eine Blockgeschwindigkeit von 180 km/h angesetzt und die Eisenbahntfernung zugrunde gelegt

3) Flughafen Barth

Wie aus der Gegenüberstellung zu ersehen ist, beträgt der Zeitaufwand der Hubschrauberreise auf allen angeführten Verbindungen – mit Ausnahme der Strecke Berlin–Cottbus – weniger als 50 Prozent der Fahrzeit der Eisenbahn. Der Hubschrauber braucht zum Beispiel von Berlin nach Dresden nur etwa eine Stunde Flugzeit, während die Eisenbahn für diese Strecke 2 Stunden 47 Minuten Fahrzeit benötigt. Der absolute Zeitgewinn des Hubschraubers beträgt also auf dieser Verbindung rund  $1\frac{3}{4}$  Stunden. Das entspricht einem Zeitvorsprungsmaß von 2,8.

Auch auf den anderen Verbindungen wird erheblich Zeit eingespart. Auf der Verbindung Berlin–Cottbus (Eisenbahnentfernung 118 km) kann der Hubschrauber aber nur reichlich 30 Minuten gutmachen, so daß hier kein genügender Anreiz für die Benutzung des Hubschraubers vorhanden ist. Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß bei guten Bodenverbindungen die Mindestentfernung des Hubschrauberverkehrs bei etwa 100 km liegt.

Vorteilhaft wirkt sich dagegen der Einsatz des Hubschraubers auf längeren Strecken mit ungünstigen Eisenbahnverbindungen aus. Das gilt zum Beispiel für die Verbindungen Dresden–Erfurt und Dresden–Magdeburg. Auf diesen Strecken würde der Hubschrauber einen Zeitvorsprung von etwa 3 Stunden erzielen.

Aber nicht nur gegenüber der Eisenbahn, sondern auch gegenüber dem normalen Starrflügler ist der Hubschrauber auf den kurzen Inlandsstrecken bedeutend schneller. Der Zeitgewinn des Hubschraubers liegt auf den fünf ständigen Inlandsfluglinien zwischen einer Stunde (Berlin–Erfurt) und 2 h 39 min (Berlin–Rostock). Der Einsatz des Hubschraubers würde also auf allen Inlandsstrecken ganz beträchtliche Zeitvorteile mit sich bringen.

Bei der Beurteilung dieser Zeitvergleiche zwischen Eisenbahn, Starrflügler und Hubschrauber ist allerdings zu berücksichtigen, daß sich die Reisegeschwindigkeit bei der Deutschen Reichsbahn durch die Elektrifizierung und Verbesserung der Schienenwege sowie durch Verringerung der Zwischenhalte sicherlich auf allen Strecken erhöhen läßt. Auch beim Starrflügler kann die Gesamtdauer der Flugreise durch Verringerung der Bodenzeiten und durch den Einsatz schnellerer Flugzeuge (vor allem auf der Strecke nach Karl-Marx-Stadt) noch gesenkt werden. Besonders durch den Einsatz von Starrflügelflugzeugen mit Kurzstarteigenschaften läßt sich noch eine erhebliche Verbesserung der Schnelligkeit erreichen.

Demgegenüber steht die Tatsache, daß den in der Tabelle angeführten Hubschrauber-Flugzeiten – abgesehen von der Entfernung – optimale Bedingungen zugrunde liegen. Einmal ist die durchschnittliche Blockgeschwindigkeit von 180 km/h recht hoch. Es gibt bisher nur wenige Hubschraubertypen, die eine solche hohe Geschwindigkeit erreichen. Weiterhin wurde vorausgesetzt, daß sich der Hubschrauberflugplatz in jedem Falle direkt im Stadtzentrum befindet, so daß keine besonderen Zubringerzeiten anfallen. In der Praxis wird das aber wahrscheinlich nicht immer möglich sein. Für den Hubschrauber wurden auch

keine Zwischenlandungen vorgesehen. Bei manchen Strecken – zum Beispiel auf der Verbindung von Karl-Marx-Stadt nach Magdeburg – würde aber eine Zwischenlandung in Leipzig oder Halle sicherlich zweckmäßig sein. Bei den angeführten Reisezeiten des Hubschraubers handelt es sich also praktisch um „Idealfälle“. Trotzdem können diese Zeiten bei günstig gelegenen Stadtlandeplätzen mit modernen Turbinenhubschraubern bereits heute erreicht werden. Wenn auch die Tabelle 4 den Hubschrauber insgesamt etwas zu günstig darstellt, so ist doch grundsätzlich festzustellen, daß ein zwischenstädtischer Schnellverkehr mit Hubschraubern ganz erhebliche Zeitvorteile bringen würde. Aber auch hier gilt, was bereits beim Zubringerdienst gesagt wurde: Allein eine Zeiteinsparung rechtfertigt noch nicht den Einsatz eines Verkehrsmittels. Um die volkswirtschaftliche Nützlichkeit eines solchen Hubschrauberverkehrs beurteilen zu können, ist eine umfassende Prüfung aller betrieblichen und ökonomischen Faktoren – vor allem der Wirtschaftlichkeit – notwendig. Auf Grund der großen Zeitvorteile lohnt sich eine solche allseitige und gründliche Untersuchung des Problems eines zwischenstädtischen Hubschrauberverkehrs aber zweifellos.

Bei der Erörterung der Fragen des Verkehrseinsatzes des Hubschraubers kam immer wieder zum Ausdruck, daß der Hubschraubelandeplatz mitten im Stadtzentrum am Verkehrsschwerpunkt liegen muß, wenn der Hubschrauber einen wesentlichen Zeitvorsprung gegenüber den anderen Verkehrsmitteln erzielen will. Eine günstige Lage des Stadtlandeplatzes ist eine Grundvoraussetzung für den Verkehrseinsatz des Hubschraubers. Die Auswahl und die Festlegung der Hubschrauber-Stadtlandeplätze ist deshalb das zur Zeit dringendste und wichtigste Problem eines künftigen Hubschrauberverkehrs.

Vorerst ist hierbei nur die Standortfrage zu klären. Es genügt, die Lage der Landeplätze und die Baubegrenzung für die Anflugwege festzulegen. Größere Kosten entstehen dabei nicht, denn die Plätze brauchen ja noch nicht gebaut zu werden. Die Flächen und die Anflugschneisen müssen aber durch entsprechende Baubeschränkungen geschützt werden. Das für die Bodenanlagen erforderliche Gelände müßte in die Flächennutzungs- und Bebauungspläne der Städte aufgenommen werden.

Natürlich ist es schwierig, den voraussichtlichen Umfang und den kommenden Verkehrswert der Senkrechtstartflugzeuge bereits heute einzuschätzen oder vorauszusehen. Das ist auch gar nicht möglich, weil die Entwicklung des Hubschraubers noch nicht abgeschlossen ist und die anderen Senkrechtstartflugzeuge, wie Coleopter, Wandel- und Verbundflugzeuge, noch am Anfang ihrer Entwicklung stehen. Wenn aber in einigen Jahren solche Luftfahrzeuge mit einer genügenden Wirtschaftlichkeit zur Verfügung stehen werden, dann wird man diese vorausschauenden Maßnahmen dankbar begrüßen.

Sollten sich diese Annahmen als falsch erweisen, dann können die frei gehaltenen Flächen später immer noch bebaut werden, sie sind ja nicht verloren. Im Abschnitt über die Anlage von Stadtlandeplätzen wurde ausführlich dargestellt, daß bei der Festlegung und der Gestaltung solcher Landeplätze viele

Faktoren zu beachten sind. Um eine richtige und zweckmäßige Anlage solcher Landeplätze zu gewährleisten, sollten Richtlinien über die Raumlage und die Gestaltung von Landeplätzen für Senkrechtstartflugzeuge ausgearbeitet werden. Grundlage hierfür könnten die bereits bei der Abteilung Verkehr und Stadttechnik der Deutschen Bauakademie vorliegenden Forschungsergebnisse sein. Außer dem Problem der Stadtlandeplätze gibt es für einen kommenden Verkehr mit Drehflüglern oder anderen Senkrechtstartflugzeugen noch weitere Fragen zu klären.

Konkrete Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit müssen dabei an erster Stelle stehen. Im zwischenstädtischen Verkehr wird das Kostenbild zweifellos etwas besser aussehen als im Zubringerdienst, denn für einen Direktverkehr zwischen den Städten können Großhubschrauber mit etwa 25 bis 40 Plätzen eingesetzt werden. Große Hubschraubertypen sind bekanntlich erheblich wirtschaftlicher als kleine Baumuster. Die Kosten der Großhubschrauber werden zwar sicherlich noch höher liegen als die Betriebskosten entsprechender Kurzstartflugzeuge. Dafür sind aber beim Hubschrauber die Aufwendungen für die Flugsicherung, die Bodenanlagen und die gesamte Bodenorganisation bedeutend niedriger als beim Starrflügler.

Zur Bestimmung der voraussichtlichen Einsatzbereiche des Hubschraubers müssen die wichtigsten Verbindungen der DDR exakt auf ihre Eignung für den Hubschrauberverkehr untersucht werden. In diesem Zusammenhang müßte gleichzeitig auch das Verkehrsaufkommen der Hubschrauberlinien ermittelt werden.

Weiterhin muß man sich schon Gedanken machen über die möglichen Beförderungspreise im Hubschrauberverkehr, denn eine gute Tarifabstimmung ist ein guter ökonomischer Hebel zur volkswirtschaftlich richtigen Aufgabenverteilung zwischen den Verkehrsträgern.

Auch das Lärmproblem sollte einmal umfassend wissenschaftlich dargestellt werden. Überhaupt wäre es wünschenswert, wenn entsprechende Lärmnormative geschaffen würden.

Aus diesen kurzen Hinweisen ist zu ersehen, daß es noch viele Fragen und Probleme gibt, die vor einem Verkehrseinsatz des Hubschraubers geklärt werden müssen.

Durch solche vorbereitenden Forschungsarbeiten könnten – im Zusammenhang mit dem praktischen Flugbetrieb – bereits vorher die notwendigen technisch-betrieblichen und verkehrlichen Voraussetzungen geschaffen werden. Der Verkehrsbetrieb könnte dann ohne große Schwierigkeiten sofort aufgenommen werden, sobald geeignete Fluggeräte zur Verfügung stehen.

Wenn die notwendigen Vorarbeiten durchgeführt werden und wenn der Hubschrauber hinsichtlich der Sicherheit, der Wirtschaftlichkeit und der geringen Lärmeinwirkung die gestellten Forderungen erfüllt haben wird, dann kann auch der Hubschrauber wesentlich zur Verbesserung des Luftverkehrs in der Deutschen Demokratischen Republik beitragen.

### Literaturverzeichnis

- Bode, Karl „Die heute gebräuchlichsten Hubschraubermuster, ihre Verwendungszwecke und ihre Flugtechnik“ Technische Mitteilungen, Heft 3/1955
- Bode, Karl  
Schwalb, Karl „Untersuchung der Lärmbeeinflussung der Umwelt beim Flugbetrieb mit Hubschraubern im Vergleich zu Flächenflugzeugen“ Bericht 19 der Deutschen Studiengemeinschaft für Hubschrauber, e. V., Stuttgart 1956
- Britt, Walter „Flugzeuge in der Land- und Forstwirtschaft“ VEB Deutscher Bauernverlag, Berlin 1960
- Cervenka, Jan „Unsere zukünftigen Heliporte“ Letecký Obzor, Heft 3/1960
- Delear, Frank, J. „Fliegende Krane von morgen“ Aero, Heft 6/1958
- Dobhoff, Friedrich v. „Fortschritte im Hubschrauberbau“ Flugwelt, Nr. 12/1960
- Eyermann, K.-H. „Verkehrsflugzeuge und Hubschrauber“ Verlag Sport und Technik, Neuenhagen 1960
- Fay, John S. „So fliegt ein Hubschrauber“ Zuerl-Verlag, München 1955
- Focke, Henrich „Deutsche Hubschrauberentwicklung 1939 bis 1945“ Aero, Hefte 4 und 5/1950
- Gerlach, Carl „Raumlage und Gestaltung von Hubschrauberlandeplätzen“ Forschungsergebnisse des Verkehrswissenschaftlichen Institut: an der Technischen Hochschule Stuttgart – Heft 17 Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956
- Gössel, Nikolaus „Ausblick auf die Verwendung von Hubschraubern für Verkehrsaufgaben“ Die Bundesbahn, Heft 3/1957
- Gröger, E. „Forderungen des Hubschrauberverkehrs an Navigation und Flugsicherung“ Der Flieger, Heft 11/1959
- Hafner, Raoul „Zukunftsansichten für Verkehrshubschrauber in Großbritannien“ Interavia, Heft 9/1955
- Hafner, Raoul „Der Tandemhubschrauber“ Der Flieger, Heft 11/1959
- Hörning, Waldo „Entwicklungsmöglichkeiten eines schweizerischen Helikopter-Flugbetriebes“ Schweizerisches Archiv für Verkehrswissenschaft und Verkehrspolitik Nr. 4/1954
- Jakowlew, Alexander „Ein Chefkonstrukteur erzählt“ Kinderbuchverlag, Berlin 1960
- Just, Walter „Technische Beurteilung ausländischer Hubschrauber“ Bericht 7 der Deutschen Studiengemeinschaft für Hubschrauber, e. V., Stuttgart 1954

Just, Walter	„Einführung in die Hubschraubertechnik“ Bericht 11 der Deutschen Studiengemeinschaft für Hubschrauber, e. V., Verlag von Olhhausen, Stuttgart 1955
Just, Walter	„Der Leistungsstand der Drehflügler“ Luftfahrttechnik, Heft 5/1956
Just, Walter	„Die verschiedenen Arten von Vertikalstartflugzeugen“ Flugwelt, Heft 5/1958
Just, Walter Dathe, H. Georgi, H. Reichert, G.	„Lastenhubschrauber L-41 und L-51 für 4000 kg Nutzlast“ Forschungsberichte des Wirtschafts- und Verkehrsministeriums des Landes Nordrhein-Westfalen, Nr. 647, 648 und 649 Westdeutscher Verlag, Köln und Opladen 1959
Kondratjew, N. B.	„Vertolety“ Znanie, Moskau 1960 (russ.)
Korbel, Karel	„Einsatz der Flugzeuge in der Landwirtschaft im 3. Fünfjahr- plan“ Letecky Obzor, Heft 1/1960
Kosina, Heinrich	„Hubschrauber im Stadtbild“ Bauwelt, Nr. 7/1955
Kühne, Günther	„Hubschrauber-Landeplätze“ Interavia, Heft 11/1952
Lepitré, Hans-Karl	„Die Entwicklung des Hubschraubers in der Sowjetunion“ Deutsche Flugtechnik, Nr. 4, 5 und 6/1959
Lepitré, Hans-Karl	„Rotorflugzeuge – Übersicht und Entwicklungsstand“ Deutsche Flugtechnik, Nr. 8, 9 und 11/1960
Liebau, Kurt	„Der Hubschrauber“ Verlag Jade-Druck, Wilhelmshaven 1956
Lienhardt, A.	„Hubschrauber im Großstadtverkehr“ Wirtschafts correspondent, Nr. 31/1958
Meyer, Günter	„Luftfahrt“ Urania-Verlag, Leipzig/Jena 1959
Mil, M. L.	„Vertolety“ Znanie, Moskau 1957 (russ.)
Mil, M. L.	„Bessere Einsatzmöglichkeiten der Hubschrauber“ Grashdanskaja Aviazija, Heft 2/1958
Nasarow, V.	„Hubschrauber in der sowjetischen Zivilluftfahrt“ Interavia, Heft 12/1959
Oftinger, Karl	„Lärmbekämpfung als Aufgabe des Rechts“ Verlag Schultheß & Co. AG, Zürich 1956
Picht, Wolf-Dietrich	„Straßen der Zukunft“ Verlag Neues Leben, Berlin 1957
Picht, Wolf-Dietrich	„Moderne Flugzeugtechnik“ VEB Verlag Technik, Berlin 1960
Pirath, Carl	„Voraussetzungen und Möglichkeiten des Hubschrauber- verkehrs“ Forschungsergebnisse des Verkehrswissenschaftlichen Instituts an der Technischen Hochschule Stuttgart – Heft 17 Springer-Verlag, Berlin/Göttingen/Heidelberg 1956
Plätzleitner, Herwig	„Der kommerzielle Hubschrauberverkehr“ Springer-Verlag, Wien 1958
Porger, V.	„Untersuchungen über die Möglichkeit des Verkehrseinsatzes von Hubschraubern im Nahverkehr zwischen Verkehrsflughäfen für Flächenflugzeuge“ Bericht 23 der Deutschen Studiengemeinschaft für Hubschrauber, e. V., Stuttgart 1956

Prange, Lothar	„Hubschrauber in europäischer Sicht“ Europa-Verkehr, Nr. 1/1955
Prochazka, Zbynek	„Frachthubschrauber“ Letecky Obzor, Heft 4/1960
Prochazka, Zbynek	„Die Anwendung von Frachthubschraubern“ Letecky Obzor, Heft 5/1960
Radin, A.	„Hubschrauber – heute und morgen“ Grashdanskaja Aviazija, Heft 8/1960
Schmidt, Heinz A. F.	„Flieger-Jahrbuch 1958“ Verlag Die Wirtschaft, Berlin 1957
Schulz, R. W.	„Entwicklungsstand der Steil- und Lotrechtstarter“ Luftfahrttechnik, Nr. 1/1959/
Siegel, Gerhard	„Hubschrauber, Tragschrauber und Flugschrauber“ VDI-Zeitschrift, Nr. 35/1953
Siegel, Gerhard	„Hubschrauber – Gestaltungsmerkmale, Leistungsangaben und Anwendungen“ VDI-Zeitschrift, Nr. 36/1953
Shapiro, Jacob	„The Helicopter“ Fredrick Muller, London 1957
Treibel, Werner	„Der Entwicklungsstand des Verkehrshubschraubers und seine Möglichkeiten in der Zukunft“ Zeitschrift für Verkehrswissenschaft, Hefte 3 und 4/1951
Treibel, Werner	„Anlage und Betrieb von Hubschrauber-Flughäfen“ Technische Mitteilungen, Heft 3/1955
Whitby, H. R.	„Die Perspektiven des planmäßigen Hubschraubertransports“ Interavia, Heft 9/1956
-	„Hubschrauber über New York“ Interavia, Heft 4/1953
-	„Große Sowjet-Enzyklopädie, Reihe Technik, Heft 17, Flug- wesen II“ Fachbuchverlag, GmbH., Leipzig 1954
-	„Bericht über die IATA-Hubschrauber-Konferenz in Puerto Rico, 24 bis 26. April 1953“ Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen e. V., Stuttgart-Flughafen 1954
-	„Brüssel – Herz des europäischen Hubschraubernetzes“ Deutsche Verkehrszeitung, Nr. 127/1955
-	„Bericht über die zweite Hubschrauber-Tagung der International Air Transport Association vom 23. bis 25. Februar 1955 in Brüssel“ Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft Deutscher Verkehrsflughäfen, e. V., Stuttgart-Flughafen 1956
-	„Fluglärm“ Deutscher Arbeitsring für Lärmbekämpfung – Schriftenreihe – Band 5 Gildeverlag, Alfeld/Leine 1956
-	„Hubschrauber als Verkehrsmittel“ Technische Rundschau, Nr. 39/1956
-	„Der heutige Entwicklungsstand von Flugzeugen für senkrechten und verkürzten Start und Landung“ Kridla vlasti, Heft 24/1957
-	„International VTOL Survey“ The Aeroplane, Heft 12/1958
-	„Hubschrauber in Verkehr und Wirtschaft“ Civil Air, Heft 4/1960

**ANLAGEN**

**Kenndaten einiger bekannter Hubschrauber**

Baumuster		XROE - 1 Rotorcycle	HC - 2 Heli - Baby	U - 18	Avian 2/180 Gyroplane	SO 1221 Djinn	UH - 12 C	Ka - 15	Ka - 18	Bell - 47 J
Hersteller (bzw. Konstrukt.)		Hiller	Aero	Umbaugh	Avian	SUD- AVIATION	Hiller	(Kamow)	(Kamow)	Bell
Land		USA	CSSR	USA	Kanada	Frankreich	USA	UdSSR	UdSSR	USA
Besatzung/Passagiere		1/-	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1-2	1/2	1/2-3	1/3
<b>Triebwerk</b>										
Anzahl		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Art		Kolben- motor	Kolben- motor	Kolben- motor	Kolben- motor	Gasturbine	Kolben- motor	Kolben- motor	Kolben- motor	Kolben- motor
Muster		Nelson	Praga DH	Lycoming	Lycoming	Turbomeca Palouste IV	Franklin 200-C 33	Iwtschenko AI - 14 R	Iwtschenko AI - 14 W	Lycoming
Startleistung	PS	45	83	180	180	240	200	220/260	260	260
<b>Rotoren</b>										
Anzahl		1	1	1	1	1	1	2	2	1
Blattzahl		2	3	3	3	2	2	3	3	2
Bauart		Heck- schraube	Heck- schraube	1)	1)	ohne Heck- schraube	Heck- schraube	koaxial	koaxial	Heck- schraube
<b>Abmessungen</b>										
Rotordurchmesser	m	5,63	8,80	10,06	7,92	11,00	10,60	10,00	10,00	11,33
Rumpflänge	m	-	10,47	6,50	4,42	5,30	11,80	6,20	7,00	8,33
Höhe	m	2,10	2,55	-	-	2,62	3,00	3,70	3,30	2,87
<b>Massen</b>										
Leermasse	kg	-	380	?	455	330	745	?	1010	705
Zuladung	kg	-	200	?	270	430	390	?	300	565
Startmasse	kg	252	580	725	725	760	1135	1275	1310	1270
<b>Flugleistungen</b>										
Höchstgeschwindigkeit	km/h	113	125	200	260	120	135	150	150	170
Reisegeschwindigkeit	km/h	84	100	170	240	105	120	120	120	160
Gipfelhöhe	m	4000	3100	-	-	5000	3300	3000	3000	5200

1) Tragschrauber mit ummantelter Luftschaube am Rumpheck

**Kenndaten einiger bekannter Hubschrauber (Fortsetzung 1)**

Baumuster	BZ - 4 Zuk	Mi - 1	SE 3130 Alouette II	B - 171 Sycamore	SE 3160 Alouette III	S - 55	S - 58	Mi - 4	V - 44	
Hersteller (bzw. Konstrukt.)	Motoimport	(Mil)	SUD- AVIATION	Bristol	SUD- AVIATION	Sikorsky	Sikorsky	(Mil)	Vertol	
Land	Pöien	UdSSR	Frankreich	Groß- britannien	Frankreich	USA	USA	UdSSR	USA	
Besatzung/Passagiere	1/3	1/3	1/4	1/4	1/6	2/7-8	2/12	3/10-14	2/14-18	
<b>Triebwerk</b>										
Anzahl	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Art	Kolben- motor	Kolben- motor	Gasturbine	Kolben- motor	Gasturbine	Kolben- motor	Kolben- motor	Kolben- motor	Kolben- motor	
Muster	WN - 4	Iwtschenko AI - 26 W	Turbomeca Artouste II	Alvis- Leonides	Turbomeca Artouste III	Pratt & Whitney R - 1340	Curtiss- Wright	Schweizow ASch-82 W	Wright Cyclone	
Startleistung	PS	320	575	360	520	700	600	1525	1700	1425
<b>Rotoren</b>										
Anzahl	1	1	1	1	1	1	1	1	2	
Blattzahl	3	3	3	3	3	3	3	4	3	
Bauart	Heck- schraube	Heck- schraube	Heck- schraube	Heck- schraube	Heck- schraube	Heck- schraube	Heck- schraube	Heck- schraube	Tandem	
<b>Abmessungen</b>										
Rotordurchmesser	m	12,00	14,30	10,20	14,81	11,00	16,16	17,06	21,00	13,42
Rumpflänge	m	17,00	12,10	9,70	14,44	10,12	12,90	11,28	16,30	16,00
Höhe	m	2,60	3,30	2,75	4,07	2,95	4,10	4,83	4,70	4,70
<b>Massen</b>										
Leermasse	kg	1050	1785	850	1870	1040	2060	3630	4900	4070
Zuladung	kg	450	460	650	580	1060	1140	2130	2300	2430
Startmasse	kg	1500	2245	1500	2450	2100	3200	5760	7200	6500
<b>Flugleistungen</b>										
Höchstgeschwindigkeit	km/h	155	200	180	200	200	175	215	210	204
Reisegeschwindigkeit	km/h	125	170	170	170	190	140	163	160	163
Gipfelhöhe	m	3000	5000	3200	4600	4000	3000	3000	4900	-

## Kenndaten einiger bekannter Hubschrauber (Fortsetzung 2)

		SE 3200 Frelon	B - 192	V - 107	S - 61	Jak - 24	W - 80 Westminster	Rotodyne II	Mi - 6
<b>Baumuster</b>									
<b>Hersteller (bzw. Konstrukteur)</b>		SUD- AVIATION	Bristol	Vertol	Sikorsky	(Jakowlew)	Westland	Fairey	(Mil)
<b>Land</b>		Frankreich	Groß- britannien	USA	USA	UdSSR	Groß- britannien	Groß- britannien	UdSSR
<b>Besatzung/Passagiere</b>		2/20-25	2/25	2/25	2/25	4/30-42	2/45	3/60-70	5.70-80
<b>Triebwerk</b>									
<b>Anzahl</b>		3	2	2	3	2	2	2	2
<b>Art</b>		Gasturbine	Gasturbine	Gasturbine	Gasturbine	Kolben- motor	Gasturbine	Gasturbine	Gasturbine
<b>Muster</b>		Turbomeca Turmo III	Napier Gazelle II	General- Electric T 58-8	General- Electric T 58-6	Schwezew ASch-82 W	Napier- Eland	Rolls-Royce Tyne	Solowjew TB - 2 BM
<b>Startleistung</b>	PS	3 x 900	2 x 1670	2 x 1470	3 x 1050	2 x 1700	2 x 3195	2 x 5250	2 x 4700
<b>Rotoren</b>									
<b>Anzahl</b>		1	2	2	1	2	1	1	1
<b>Blattzahl</b>		4	4	3	5	4	5	4	5
<b>Bauart</b>		Heck- schraube	Tandem	Tandem	Heck- schraube	Tandem	Heck- schraube	-2)	Heck- schraube
<b>Abmessungen</b>									
<b>Rotordurchmesser</b>	m	15,00	14,83	15,25	18,90	21,00	21,95	33,50	35,00
<b>Rumpflänge</b>	m	14,50	16,54	13,60	17,93	28,00	20,70	20,30	?
<b>Höhe</b>	m	4,70	5,18	5,49	5,31	7,00	6,30	8,30	?
<b>Massen</b>									
<b>Leermasse</b>	kg	4500	4950	5100	5000	?	9 750	15 900	?
<b>Zuladung</b>	kg	3500	3215	3250	4660	?	5 250	8 400	?
<b>Startmasse</b>	kg	8000	8165	8350	9660	16 000	15 000	24 300	35 000
<b>Flugleistungen</b>									
<b>Höchstgeschwindigkeit</b>	km/h	220	225	250	235	210	250	370	230
<b>Reisegeschwindigkeit</b>	km/h	200	220	230	215	180	210	320	200
<b>Gipfelhöhe</b>	m	3300	4000	-	-	5 500	2 740	2 740	5 500

2) Kombinationsflugschrauber