

Zeitschrift: ASMZ : Sicherheit Schweiz : Allgemeine schweizerische Militärzeitschrift
Herausgeber: Schweizerische Offiziersgesellschaft
Band: 128 (1962)
Heft: 6

Rubrik: Flugwaffe und Fliegerabwehr

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Vom Nutzen des Hubschraubers für unsere Armee

Von Major G. Aellen

Die Bezeichnung «Helikopter» stammt aus dem Griechischen; *helix* bedeutet Spirale, *pteron* Flügel, woraus sich ergibt «Spiralflügel», «Schraubenflügel» oder später «Hubschrauber».

Einführung

Fliegen ist wahrscheinlich der Traum des Menschen gewesen seit der Zeit, da er den ersten Vogel erblickte. Die Erde zu verlassen und sich senkrecht in die Luft zu heben ist ein nicht viel jüngerer Wunsch und kam deshalb zustande, weil ein sonst so friedliches Tier wie das Diplodocus, vom Menschen geärgert, ihm seinen Platz auf der Erde streitig machte. Da halfen die schnellsten Beine und auch die größten Steine, die er werfen konnte, nichts: es gab nur noch eine Möglichkeit (im Traume damals) die dritte Dimension – und zwar rasch!

Das Problem ist trotz dem Verschwinden des Diplodocus in seiner ursprünglichen Form heute nicht anders. Damals wurde der Helikopter in Gedanken geschaffen, heute haben wir ihn in einer wenn auch manchmal noch primitiv wirkenden, doch ziemlich fertigen Form, sofern sich dieser Ausdruck für Erzeugnisse des schöpferischen menschlichen Gehirns überhaupt eignet.

Versuche und Studien, einen Helikopter zu realisieren, sind vor Jahrhunderten gemacht worden. Die ersten bekannten Zeichnungen stammen von Leonardo da Vinci. Später entstand eine längere Pause, die praktisch alle Entwicklungen mechanischer Art betraf. Es war, als ob der menschliche Geist für die späteren Jahrhunderte (19. und 20.) einen Anlauf nähme.

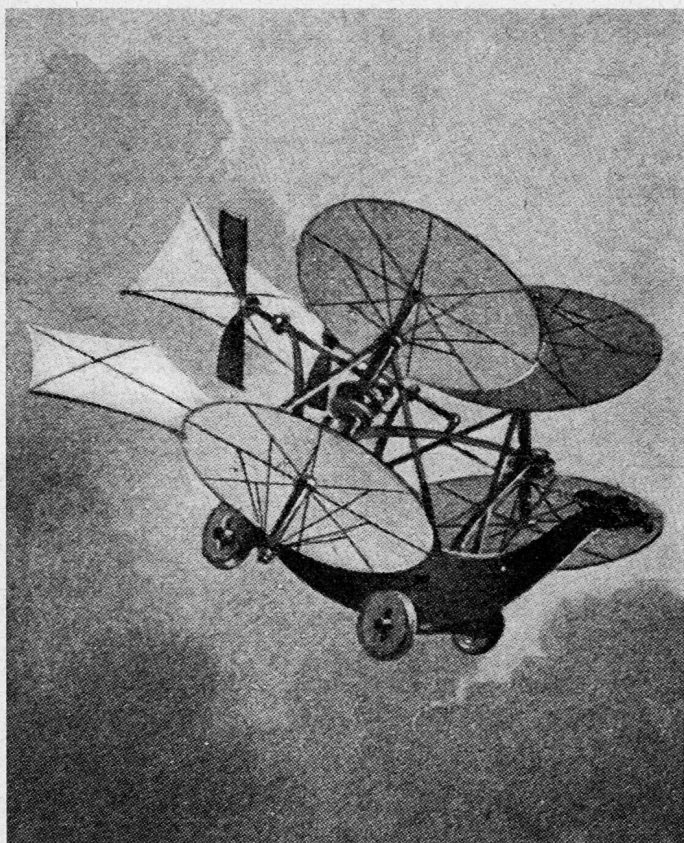


Bild 1. Die Flugmaschine von Georges Cayley (1843)

In der Mitte des 19. Jahrhunderts gab die Industrialisierung der Dampfmaschine einen neuen Aufschwung auch in der Flugzeugentwicklung, und neue Ideen nahmen Form an. Trotz der Tatsache, daß die Dampfmaschine nicht leistungsfähig genug und zu schwer war und daß die Materialien fehlten, etwas Flugtaugliches zu realisieren, wurde eifrig an fliegenden Maschinen gearbeitet, und man sah schon gewisse Elemente in den Zeichnungen

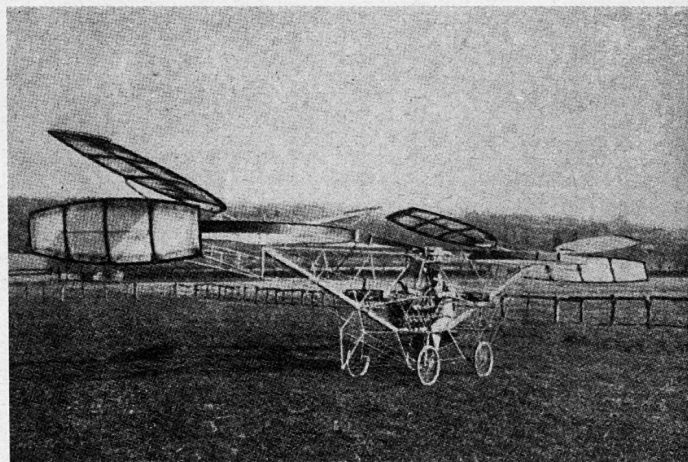


Bild 2. Der Helikopter von Paul Cornu (Frankreich)
Diese im Jahre 1907 gebaute Maschine hob den Konstrukteur und einen Passagier 1,5 m über Boden

gen und Realisationen erscheinen, die auf ein neues und viel besser zielgerichtetes Denken deuteten:

So zum Beispiel Stabilisierungs- und Leitflächen. Der Name des Engländers Georges Cayley muß in diesem Zusammenhang erwähnt werden. Er erhielt im Jahre 1843 das Patent eines Flugapparates, der schon die wesentlichen Merkmale der heutigen Flugzeuge und Helikopter aufwies.

Man mußte jedoch noch den Anfang des 20. Jahrhunderts abwarten, bis die ersten Flüge eines Helikopters mit einem Piloten an Bord durchgeführt werden konnten. In Frankreich zum Beispiel haben Paul Cornu und auch Breguet (später der große französische Flugzeugbauer) Flugversuche durchgeführt.

Wenn auch zu dieser Zeit bloße Abhebeversuche gemacht wurden, zum Teil manchmal noch vom Boden aus stabilisiert (gefesselt), so wurden doch die entscheidenden Schritte getan. Man gewann die Überzeugung, daß die vorhandenen Kenntnisse, wenn auch langsam, zum Ziele führen werden. Man wußte auch, daß der leichtere Kolbenbenzinmotor allein imstande sein würde, die notwendige Leistung zu liefern.

Speziell erwähnenswert erscheint es uns, daß das Hauptelement des Helikopters, der Propeller, in seiner Wirkung und auch in bezug auf die zu wählende Form schon lange bekannt ist und im Flugzeugbau von allem Anfang an mit Erfolg verwendet wurde. Es mag als glücklicher Zufall erscheinen, daß der Mensch damals realisierte, daß der Propeller aus motorischen Gründen und wegen seines relativ schlechten Wirkungsgrades nicht zum Heben gebraucht werden konnte, sondern um einem Flugzeugflügel die zum Tragen notwendige Geschwindigkeit zu geben. Man hat also die Gewalt, die man zum Senkrecht-heben nicht hatte, durch eine geduldige mechanische Arbeit ersetzt. Wie weise der Mensch, wenn er nicht anders kann!

Der wichtigste Schritt vorwärts kam schlußendlich mit dem Autogyro, der kein Helikopter war. Da man mit dem Problem auf einmal nicht fertig wurde, umging man die Schwierigkeiten. Das große Verdienst kommt dem spanischen Bauern Juan de la Cierva zu. Er baute im Jahre 1923 eine Flugmaschine, die anstatt Flügel einen Rotor hatte. Dieser Rotor war nicht motorisch angetrieben, sondern drehte sich automatisch, wenn man ihn mit einem anderen Motor und Propeller durch die Luft zog. So entstand diese Maschine, die im Falle einer Motorenpanne wie der moderne Helikopter in Autorotation landen konnte. Schweben in der Luft ohne Vorwärtsgeschwindigkeit konnte sie aber nicht; sie war jedoch imstande, über extrem kleine Distanzen zu starten und zu landen.

Wo stehen wir heute?

Der Helikopter ist zum neuen Verkehrsmittel geworden, das neben allen anderen Fahr- und Flugzeugen seinen Platz zu behaupten weiß.

Die Entwicklung folgte zwei Hauptlinien:

a. Verfeinerung der bestehenden Typen unter Anwendung der neuesten Fortschritte auf dem Gebiete der Leichtbauweise und Erhöhung der Betriebssicherheit. Daraus entstanden in allen Ländern, die eine nennenswerte Luftfahrtindustrie haben, sehr zahlreiche Typen, vom einsitzigen Helikopter bis zu dem, der 40 Passagierplätze aufweist.

Die Verwendungsmöglichkeiten der Helikopter sind sehr zahlreich sowohl für die Militär- wie auch für die Zivillaviatik: Personentransporte, Rettungsaktionen aller Art, Materialtransporte, Teilnahme an Erkundungs- und Forschungsarbeiten, Hilfe bei Installationen und Versorgung von Anlagen außerhalb ausgebauter Straßennetze, Taxiflüge von Stadtzentren bis zu Hauptflugplätzen oder zu Sportgeländen usw.



Bild 3. La Cierva, Drehflügler
Eine erstaunliche Leistung aus dem Jahre 1925
Man beachte die saubere Konstruktion

Für die Schweiz sind zu erwähnen die Schweizerische Rettungsflugwacht, verschiedene Gletscherpiloten, die Heliswiss und andere mehr. Wie populär dieses Mittel im Ausland wird, sei noch am Beispiel der USA illustriert, wo eine Firma einen Zweiplatzhelikopter in großen Mengen an die Farmer verkauft. Diese Maschine soll vom Laien nach ein paar Flugstunden Ausbildung schon mit Sicherheit geflogen werden können, kostet das Vierfache eines mittleren amerikanischen Wagens und kann für 10 Dollar pro Stunde betrieben werden! Es sind kaum 30 Jahre vergangen, seit Sikorsky Mühe hatte, seine Maschine vom Boden zu bringen!

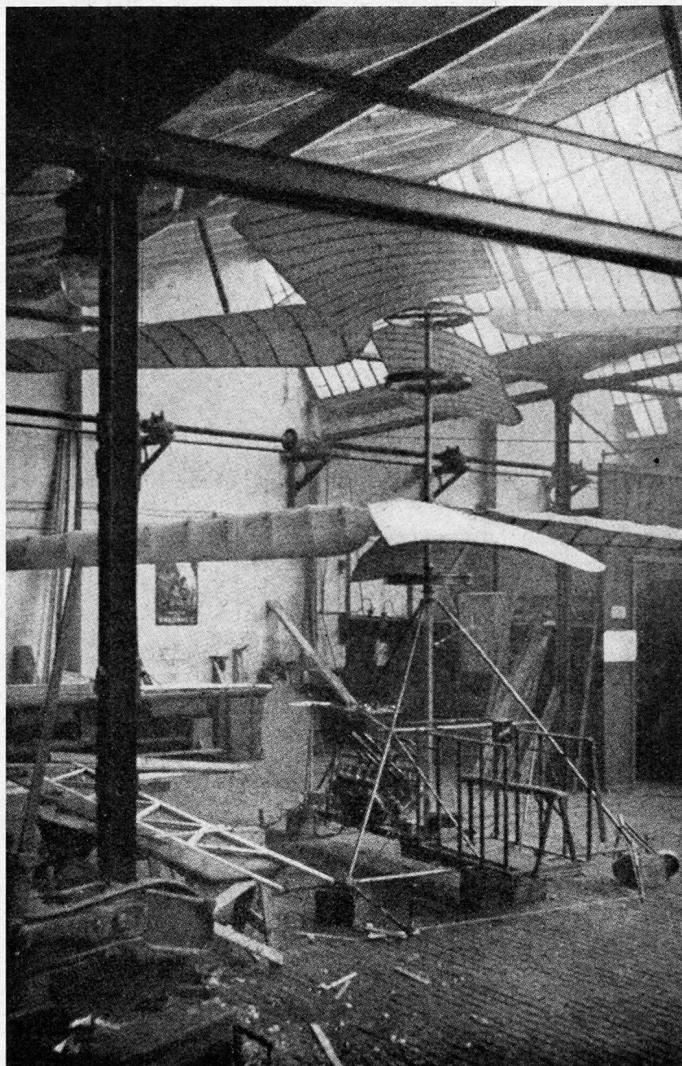


Bild 4. So baute man im Jahre 1907 (Lippe, Dresden) ...

b. Erhöhung der Leistungsfähigkeit durch Übergang vom Kolbenmotor zum Düsentriebwerk für den Antrieb des Rotors, vermehrte Verwendung der Erzeugnisse der Plastikindustrie und Spezialisierung des Gerätes.

Die Schwierigkeiten, die diesem neuen Transportmittel seine Geburt so schwer gemacht haben, nämlich der Leistungsmangel des Triebwerkes, bereiten den Konstrukteuren auch heute noch die meisten Sorgen.

Es gab verschiedene Möglichkeiten, mit diesen Schwierigkeiten fertig zu werden. Nebst einer allgemeinen Verfeinerung der Konstruktion waren es zur Hauptsache die Reduktion des Gewichtes und die Erhöhung der Leistung des Triebwerkes.



Bild 5. ... und so tut man es heute (USA, Hughes)

Die moderne Schalenbauweise und die verbreitete Anwendung von Leichtmetallen hoher Festigkeit haben das eine getan.

In den letzten Jahren hat die Triebwerkindustrie ein bemerkenswertes Niveau erreicht und speziell in der Miniaturisation Resultate erzielt, die man vor 15 Jahren kaum für möglich gehalten hätte: so wog ein Vampire-Triebwerk, das 1500 kg Schub abgab und im Jahre 1945 konstruiert wurde, 750 kg. Heute wiegt ein Motor gleicher Leistung nur noch 250 kg und ist rund zweimal kleiner im Durchmesser.

Die Verwendung des Düsentriebwerkes hat zudem für den Helikopter Vorteile, die sich in erhöhter Flugsicherheit bemerkbar machen: Früher mußte das Kolbenriebwerk über eine Kuppelung ähnlich jener, die im Motorwagenbau verwendet wird, den Rotor antreiben. Neben dem Problem des Anlassens muß der Rotor im Falle einer Motorenpanne für die Autorotation freigegeben werden können, ansonst die Maschine jäh abstürzt. Mit dem Düsentriebwerk ist das nicht mehr notwendig, da die Auspuffgase eine separate freie Turbine antreiben, die fest mit dem Rotor gekuppelt ist. Dadurch hat man einerseits eine eindeutige motorische Trennung beider Aggregate und andererseits bessere Anpassungsmöglichkeiten an die Leistungsänderungen, da der Rotor nicht gleichzeitig mit dem Triebwerk beschleunigt wird und damit gefährliche Überhitzungen vermieden werden.

Auch können mit dieser Art Antrieb wichtige Sekunden gewonnen werden im Moment eines Triebwerkausfalles, da der Rotor wohl nicht mehr angetrieben, jedoch auch nicht zusätzlich vom ausscheidenden Motor gebremst wird.

Nach alledem, was wir gesagt haben, wird es dem Leser klar sein, daß der Helikopter bis vor 5 Jahren wohl ein verwendbares Instrument war, das dienstbereit und fröhlich in der Landschaft herumflog, aber schneller oder fast schneller als der Mensch nach mehr Luft suchte, sobald man ihn etwas in die Höhe ziehen wollte.

So war sein Einsatz in der Schweiz, trotz wiederholten Versuchen sowohl auf militärischer wie auf ziviler Seite, nie vom gewünschten Erfolg gekrönt.

Als Resultat der oben erwähnten Verbesserungen fliegen heute regelmäßig Helikopter in unseren Alpen und lösen dort alle erdenklichen Aufgaben. Um der Gerechtigkeit ihren Platz zu lassen, müssen wir sagen, daß auch Kolbenmotoren Fortschritte gemacht haben und daß Helikopter, mit solchen ausgerüstet, ebenfalls sehr interessante Höhenleistungen aufweisen. Für den «armen Mann» sind solche Maschinen billiger als die mit Düsentriebwerk ausgerüsteten.

Die Zukunft

Heute besitzt der Mensch ein Luftfahrzeug, das ihm Möglichkeiten gibt, die mancher Vogel nicht hat. Es kann senkrecht starten und landen, am Orte schweben, vorwärts, aber auch seitwärts und rückwärts fliegen. Vom Boden aus gestartet, kann es auf dem Luftweg auf einer Wasserfläche «landen» und von dort aus auch wieder starten.

Der kleinste Helikopter genügt für eine Person und kann wie ein Rucksack getragen werden; die größten sind Maschinen, deren Leistung nahezu 10 000 PS erreicht, 120 Personen oder 10 und mehr Tonnen Gewicht auf einmal heben können. Sie bewegen sich mit Geschwindigkeiten über 250 km/h, und einzelne sind bis 11 000 m ü. M. hoch gestiegen.

Man kann sich mit Recht fragen, was nun in der Zukunft folgen soll. Ohne Propheten sein zu wollen, glauben wir, daß die Entwicklung ähnliche Linien verfolgen wird wie die Starrflügel-luftfahrt: Verbreitung der Verwendung in der Privatfliegerei, Ausdehnung der Verwendbarkeit in der Wirtschaft und schließ-

lich Spezialentwicklungen in Gebieten wie zum Beispiel der Militärfliegerei.

Zwei Hauptschwierigkeiten stehen der vermehrten Verwendung der Helikopter in der Privatfliegerei noch im Wege: die hohen Anschaffungs- und Betriebskosten der Maschinen sowie die Tatsache, daß die heutigen Maschinen immer noch schwieriger zu fliegen sind als ein herkömmliches Flugzeug.

Welch unerhörten Aufschwung dieses Transportmittel erleben würde, wenn diese zwei Schranken auf annehmbare Maße reduziert würden, kann man sich leicht vorstellen, denn wer würde heute am Sonntag nicht lieber mit dem Helikopter ausfahren als mit dem Auto!

Abgesehen von relativ seltenen Wetterlagen, die jede Bewegung in der Luft verunmöglichen, wäre jedem jedes Ausreiseziel in greifbare Nähe gerückt. Welche Konkurrenz für die heutigen Sportflugzeuge!

Die Konstrukteure sind sich dieser großen Chance bewußt und arbeiten an den Verbesserungen. Es wird auch sehr intensiv an neuen, kleinen Maschinen (4 bis 6 Plätze) gearbeitet, in der Hoffnung, daß die Anschaffungskosten durch Rationalisierung und Großserienproduktion so niedrig gehalten werden können, daß nicht mehr bloß das dicke Portemonnaie den Kauf einer solchen Maschine erlaubt. Die Entwicklung stützt sich momentan auf militärische Aufträge.

In bezug auf Steuerbarkeit sind neuerdings Versuche gemacht worden mit dem sogenannten starren Rotor. Bei dieser Konstruktion sind die Rotorblätter nicht mehr beweglich, sondern starr um die Achse montiert. Dies ergibt eine stark vereinfachte Steuerung, senkt dadurch den Preis und erlaubt zudem, was für zivile Zwecke – speziell aber für einrotorige Helikopter – sehr wichtig ist, einen sehr großen möglichen Bereich der Schwerpunktverschiebung.

Auf dem Sektor der Privatwirtschaft wird man das heute in Serien herauskommende Material mittlerer und großer Helikopter einführen, sei es für den Personentransport oder auch für spezielle Zwecke. Die rasche Entwicklung des Luftverkehrsmaterials ist in Richtung schwere und sperrige Düsenmaschinen gelaufen, die für große Strecken rentabel sind, die aber lange Pisten und alle Bequemlichkeiten des Großflugplatzes benötigen. Damit bleiben alle Städte, die sich solche Anlagen nicht leisten können, von einer schnellen und direkten Verbindung mit dem Ausland abgeschnitten. Das Bestehen einer Organisation, die die Flugpassagiere rasch sammeln und auch verteilen kann, ist von großem Interesse, speziell in jenen Ländern, in denen der Weg zum Flugplatz lang und zeitraubend ist. Der Helikopter ist für diese Aufgabe sehr geeignet. Unser Land, das zu einem großen Teil vom Tourismus lebt und in dem ein sehr reger geschäftlicher Verkehr mit dem In- und Ausland herrscht, könnte davon den besten Gebrauch machen.

Auch wirtschaftliche Organisationen, wie die Elektrizitätswerke, die Sperrmauern und Hochspannungsleitungen hoch in den Alpen bauen und unterhalten, und andere Gesellschaften, die Straßen und Tunnels für unser neues nationales Netz bauen, können die Helikopter bestens einsetzen, sei es für Personentransporte – in diesem Falle kommen mittlere Maschinen in Frage –, sei es für den Materialtransport, wo sogenannte fliegende Kräne eingesetzt werden. Diese Maschinen können Gewichte bis zu 9 t, ohne Rücksicht auf die Form, an Kabeln aufgehängt, bis an den Bestimmungsort tragen und schwebend an deren Installation teilnehmen.

Daß solche «Operationen» speziell im Hochgebirge rentabel sind, ist in der Schweiz zwar mit bescheidenen Mitteln, aber ganz eindeutig erwiesen worden. Im Sommer 1959 wurden für unser



Bild 6. Der fliegende Kran von Sikorsky (S-64)
Mit zwei Triebwerken und total 9300 PS Leistung. Maximale Last 9 t
Rotordurchmesser 22 m

Festungswachtkorps etwa 50 t Material auf 2800 m ü. M. transportiert. Die dazu benötigte Zeit betrug 45 Flugstunden. Der Transport mit Saumtierkolonnen hätte wohl Wochen gedauert.

Im militärischen Sektor darf man auch eine weite Verbreitung dieses Transportmittels erwarten. Im Zeitalter des Atomkrieges erhält es speziell die taktische Mobilität. Da Truppenkonzentrationen in einer Wartestellung nahe an einer «Front» kaum mehr denkbar sind, wird man sie wohl oder übel im letzten Moment vornehmen müssen, gerade dort, wo sich der Feind oder wo man selbst sich entschlossen hat, zu stoßen. Flugzeuge allein sind imstande, über Flüsse, Seen, Bergketten rasch Truppen und Material an bestimmte Orte zu bringen. Brücken können rasch gebaut werden, andere verlegt, Artillerieeinheiten verschoben, der Feind beobachtet und in handstreichartigen Aktionen gestört oder zerstört werden. Sehr oft wird eine Luftlandeoperation nur mit einer solchen Gegenaktion frühzeitig beantwortet werden können. Dies gilt auch für uns, besonders im Gebirge, wo relativ kleine Einheiten schon sehr störend wirken können.

Neuerdings hat der Helikopter Waffen bekommen: Maschinengewehre, leichte Maschinenkanonen, Raketen, gelenkt und un gelenkt. Damit ist er zum Kampfinstrument geworden und wird bestimmt als solches wertvolle Dienste leisten können. Er ist aber in der jetzigen Form allzu schußempfindlich. Wir wären nicht allzu überrascht, wenn in der nächsten Zukunft solche Maschinen, ein- oder zweiseitig, mit entsprechend reduzierten Dimensionen, aber gegen Beschuß gepanzert, sich rasch auf dem Schlachtfeld in Höhe oder, besser, tiefer als die Baumkronen bewegen würden. Ihnen würden viele lohnende Ziele, wie Fahrzeuge, Artillerie und Panzer, zum Opfer fallen.

Ein so ausgerüsteter Verband von 10 bis 20 Maschinen, der sich mit 2 bis 3 km/min bewegt, hätte in wenigen Flugminuten alle wichtigen Ziele im Kampffeld erreicht. Er wäre sehr schwierig zu bekämpfen, da er, in einem kuppigen Gelände, in Schluchten, kleinen Tälern, an Waldrändern entlang fliegend, immer wieder Deckung finden und erst im letzten Moment sein wirkliches Ziel angehen würde. Er wäre gegen Beschuß wesentlich weniger empfindlich, da er gegen leichte Waffen gepanzert wäre und aus nächster Nähe für den eventuellen Verteidiger wegen seiner großen Winkelgeschwindigkeit sehr schwer zu treffen wäre. Das mag nach «Science Fiction» riechen, aber bereits heute trainiert man in gewissen Ländern eine solche Flugtechnik.

In der letzten Zeit hat man in der Fachliteratur viel über neuartige Geräte lesen können, die die gleichen Vorteile wie die Helikopter aufweisen sollen. Vielfach sehen sie wie fliegende Plattformen aus. Ihre Größe variiert vom Einmannflugzeug bis zum fliegenden Panzer. Ein Teil dieser Projekte ist bestimmt realisierbar. Im allgemeinen stellen sie aber keine rentable Lösung des Problems dar.

Die meisten Studien, dem normalen Flugzeug eine sehr kurze Start- und Landestrecke geben zu können, werden voraussichtlich bald zu einem brauchbaren Resultat führen.

Den Helikopter werden sie nicht ersetzen können, da diese sogenannten STOL- und VTOL-Flugzeuge dort eingesetzt werden, wo größere Distanzen überbrückt werden müssen. Auch werden sie nicht billiger sein als die Helikopter, sofern sie effektiv zu Vertikalstart und -landung fähig sein müssen, da die notwendigen Vorrichtungen, bei Geschwindigkeit null die Stabilität zu gewährleisten, kompliziert und kostspielig sind.

Die Leistungsfähigkeit des Helikopters im Gebirge

Die Probleme, die der Einsatz im Gebirge stellt, sind hauptsächlich Folgen des Höhenunterschiedes und der herrschenden meist starken Winde und des Klimas.

Die Verhältnisse im Gebirge sind in bezug auf Tages- oder Jahreszeit sehr variabel und zwingen zu besonderen Vorsichtsmaßnahmen bei der Wahl des Materials.

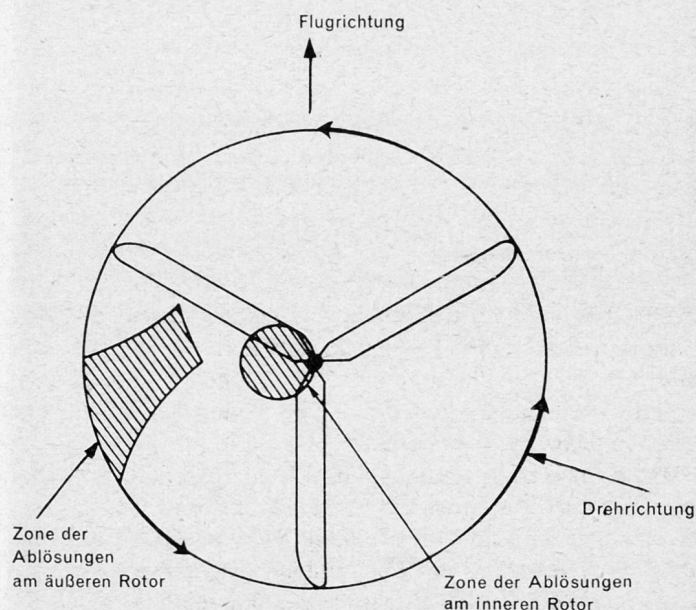
So kann das Anlassen des Triebwerkes schwierig oder sogar unmöglich werden, wenn nicht besondere «Höhenstarter» verwendet werden.

Auch mit dem Treibstoff muß sehr vorsichtig umgegangen werden, da schon kleine Wassermengen nach einiger Zeit in den Leitungen und Filtern einfrieren können und dieselben verstopfen. Der Leistungsverlust kann bis zur kompletten Panne führen.

Es muß auch darauf geachtet werden, daß alle geölten Teile immer noch gut versorgt und die gefetteten nicht mit unnötigen Mengen belastet werden.

Die Winde sind wichtig, nicht bloß wegen ihrer Stärke, die die Fluggeschwindigkeit beeinflußt, sondern viel mehr weil die resultierende Böigkeit die Maschine zusätzlich beansprucht und zum Abreißen der Strömung am Rotor führen kann.

Hier ist eine Darstellung der Arbeitsweise des Rotors am Platze: Jedes Blatt ist ein Flügel, der durch Vorwärtsbewegung und Anstellung Auftrieb erzeugt. Nun fliegt dieser Flügel nicht gerade, sondern bewegt sich kreisförmig um eine Achse. Die effektive Geschwindigkeit nimmt also von der Nabe aus zu und erreicht an der Spitze die volle Rotationsgeschwindigkeit. Schwebt der Helikopter, so ist alles symmetrisch und in bester Ordnung. Bewegt er sich aber mit einer bestimmten Vorwärtsgeschwindigkeit, so wird alles unsymmetrisch, das von hinten nach vorne sich bewegende Blatt hat mehr Wind als das sich von vorne nach hinten bewegende. Deshalb würde der vorwärtsfliegende Helikopter sofort nach der Seite kippen, würde



nicht eine mechanische Vorrichtung kontinuierlich den Anstellwinkel der Blätter auf ihrem Umlauf ändern. Das sich vorwärtsbewegende Blatt wird weniger, das sich nach hinten bewegende mehr angestellt. Je schneller der Helikopter, desto größer die Differenz. Dabei können aber bald Teile des sich nach hinten bewegenden Blattes nahe an den maximalen Anstellwinkel kommen. Wird dieser noch vergrößert, so kann die Strömung abreißen.

Das führt zu einseitigem Verlust der Tragfähigkeit des Helikopters, der seitlich einsackt, und zu schnell gefährlich werden den Flattererscheinungen des Blattes. Das ist nun genau das, was in einer Bö passiert, mehr oder weniger früh, je nach Stärke der Bö, aber sehr bald im Gebirge, da die Abnahme der Luftdichte mit zunehmender Anstellung des Rotors kompensiert wird.

Bei der Landung wird der Rotor ebenfalls bis auf das äußerste belastet und ist infolgedessen sehr böenempfindlich.

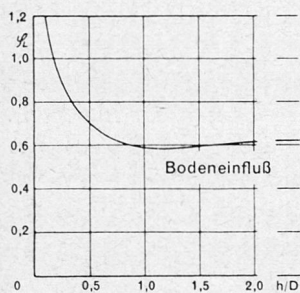
Die nächsten Diagramme mögen das Gesagte noch etwas besser illustrieren. Das linke Diagramm zeigt, wie die notwendige Leistung variiert für einen frei über dem Boden schwebenden Helikopter (es sind umgekehrte Werte eingetragen).

Die Leistung selber ist gegeben durch die Formel:

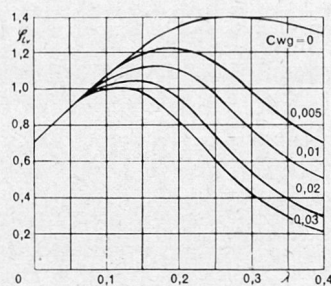
$$N = \frac{G}{\varphi_L} \sqrt{\frac{S/F}{\varrho/\varrho_0 \cdot 1410}}$$

Dabei bedeutet G das Helikoptergewicht, S den Bruttoschub des Rotors, F die vom Rotor angeblasene Fläche, ϱ/ϱ_0 die relative Luftdichte. φ ist der im Diagramm eingetragene Koeffizient.

Man sieht daraus, daß die Leistung, die ein Helikopter im Schwebeflug braucht, mit zunehmendem Abstand vom Boden bis etwa einen Rotordurchmesser $h/d = 1$ über Boden zunimmt; man nennt diesen Effekt «Bodeneinfluß».



Schubkoeffizient für Schwebeflug



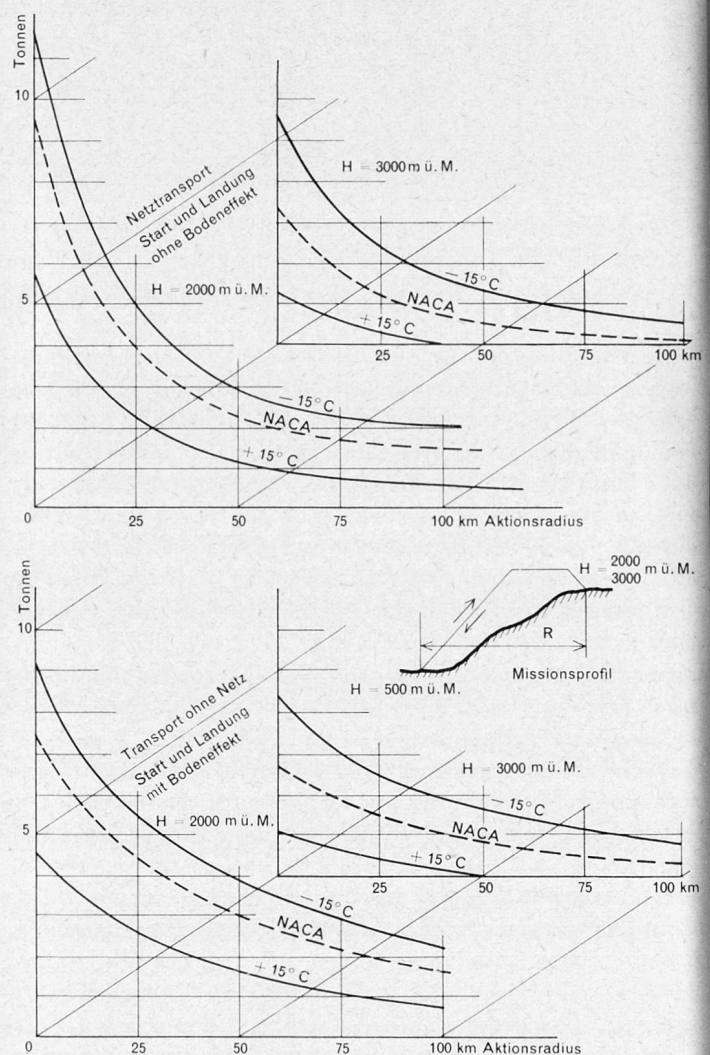
Leistungskoeffizient für Vorwärtsflug

Das Diagramm rechts zeigt den Leistungsbedarf im Vorwärtsflug als Funktion der relativen Geschwindigkeit (λ). Man sieht, daß diese Leistung für jeden Wert des schädlichen Widerstandes der Maschine (C_{Wg}) ein eindeutiges Minimum hat. Wird der Helikopter langsam, so braucht er immer mehr Leistung bis zum Moment, da er stillsteht ($\lambda = 0$). Man überzeugt sich, daß der Wert φ (0,6 ÷ 0,7) mit dem des linken Diagrammes für $h/d \geq 1$ übereinstimmt.

In der gleichen Formel sieht man auch, daß mit abnehmender Dichte die notwendige Leistung steigt.

Diese Dichte nimmt nicht nur mit zunehmender Flughöhe, sondern auch mit zunehmender Temperatur ab. Im Sommer wird es also mühsamer oder sogar unmöglich, mit einem bestimmten Gewicht dieselbe Höhe wie im Winter zu erreichen. In unseren Überlegungen dürfen wir natürlich den Motor nicht vergessen, der infolge Abnahme der Luftdichte selber auch an Leistung verliert. Wie schwer sich dies auf die Transportfähigkeit auswirken kann, ist an folgendem Diagramm ersichtlich:

Einfluß von Variationen der Lufttemperatur auf die tägliche Transportkapazität (8 Stunden)



Darin ist für einen Arbeitstag von 8 Stunden unter bestimmten Annahmen die transportierte Last als Funktion der Distanz eingetragen. Es wurde unter anderem angenommen, daß die maximale Last sowohl auf dem Hin- als auch auf dem Rückflug mitgenommen wurde.

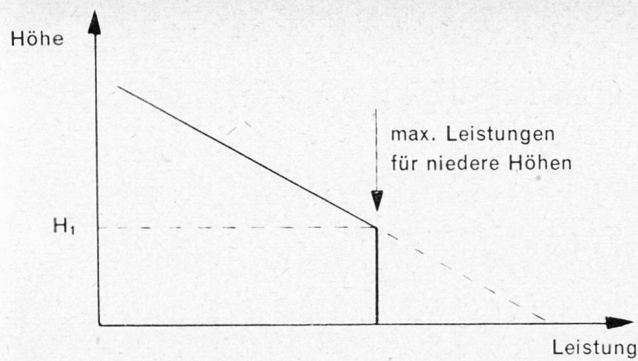
Für zwei Höhen, 2000 und 3000 m ü. M. wurde angenommen, daß die Temperatur um etwa 15°C variiert, das heißt, daß es einmal 15° wärmer beziehungsweise 15° kälter wird. Die Tagesleistung variiert unter diesen Umständen um ganze Tonnen und kann bis auf Null absinken.

Dieses Beispiel, das für einen kleinen Helikopter gilt, ließe sich auf schwere Maschinen extrapolieren. Die «Verlustleistung» wäre nur eindrucksvoller.

Es gibt keine Mittel und keine technische List, die diese Verluste wiedergutmachen könnten.

In der Praxis hilft man sich damit, daß die Triebwerke mit Ladern ausgerüstet (für Kolbenmotoren) oder überdimensioniert werden. Da im letzteren Falle aber die Gefahr der Überbeanspruchung des Rotors in niederen Höhen besteht, begrenzt man die Leistungsabgabe bis zu einer bestimmten Höhe (H) und arbeitet nach dem Diagramm auf folgender Seite.

Bei der Wahl der Rotordimensionen achtet man darauf, daß er aerodynamisch nicht überlastet wird, das heißt, wenn der Vergleich erlaubt ist, etwa wie ein Segelflugzeug mit einer großen Fläche ein kleines Gewicht zu tragen bekommt. Hier wiederum sind bestimmte Grenzen genau einzuhalten; die Wahl des günstigsten Kompromisses wird nicht immer leichtfallen.



Von Meereshöhe bis H_1 mit konstanter Leistung. Von H_1 bis zur Maximalhöhe mit der maximalen Leistung des Triebwerkes

Vom Piloten verlangt diese Art Fliegerei die größte Aufmerksamkeit. Wie ein Bergsteiger muß auch er mit den Verhältnissen im Gebirge sehr vertraut sein und nebst einem guten Beobachtungs- und Spürsinn eine große Erfahrung und großes fliegerisches Können haben. Er hat sich sehr sorgfältig für seine Flüge vorzubereiten, die Eigenschaften seiner Maschine bis ins Detail zu kennen und jeden Landeplatz sehr vorsichtig anzufliegen.

Das erstmal wird er den Landeort mit Geschwindigkeit und hoch anfliegen, bei den nächsten zwei oder drei Anflügen aber sukzessiv näher an den Boden kommen. Wenn es möglich ist, wird er aus den Gründen, die wir in bezug auf Motor- und Rotorleistung angegeben haben, nahe am Boden (unter einem Rotordurchmesser) den Platz anschweben und erst im letzten Moment vollständig stoppen.

Das bis jetzt Gesagte stimmt natürlich für jede Höhe, und es gibt keine festen Grenzen. Der Leistungsverlust nimmt mit zunehmender Höhe langsam zu; in der Praxis ist er aber unter 1000 m ü. M. kaum spürbar.

Vergleich einiger Helikopter untereinander

Dem Verbraucher, der vor einer Aufgabe steht und diese mit Helikoptern lösen muß, ist die Wahl nicht einfach gemacht; sie wird ihm erst dann gelingen, wenn er eine detaillierte Studie aller ins Gewicht fallenden Faktoren gemacht hat. Vor allem werden die direkten und indirekten, die einmaligen und wiederkehrenden Kosten eine große Rolle spielen. Die Ansprüche an die Piloten sowie die Fragen des Unterhaltes können für die Rentabilität des Unternehmens bestimmend sein. Militärische und zivile Organisationen sind gleichgestellt, wenn auch die Definition des Ausdruckes «Rentabilität» nicht gleich lauten wird.

Die heutigen Maschinen sind teuer; ein einfacher Zweisitzer kostet 100 000, ein Sechsplätzer 400 000 Schweizer Franken,



Bild 11. Vertol - 107 - Chinook
Kann bis 26 ausgerüstete Soldaten mitnehmen oder 6 Tonnen Last
2 Triebwerke mit je 2200 PS Leistung

große Helikopter kosten 4 Millionen pro Stück und mehr. Alle diese Zahlen verstehen sich ohne Reserve- und Ersatzteile.

Im weiteren sollen nun die Transportleistungen einiger Helikopter miteinander verglichen werden. Wir möchten aber eingangs vor der Bedeutung der angegebenen Zahlen, die sehr variabel und speziell von den getroffenen Annahmen und den erhältlichen Unterlagen abhängig sind, warnen. Diese hier aufgeführten Zahlen sollen lediglich zur Illustration dienen.

Als Beispiel möchten wir erwähnen, daß für eine dieser Maschinen, die Vertol 107, die stündliche Transportkapazität zwischen 500 und 2000 m ü. M. bis 25 t betragen könnte. Dabei wird aber nur die Bergfahrt ausgenützt, die Talfahrt wird leer geflogen.

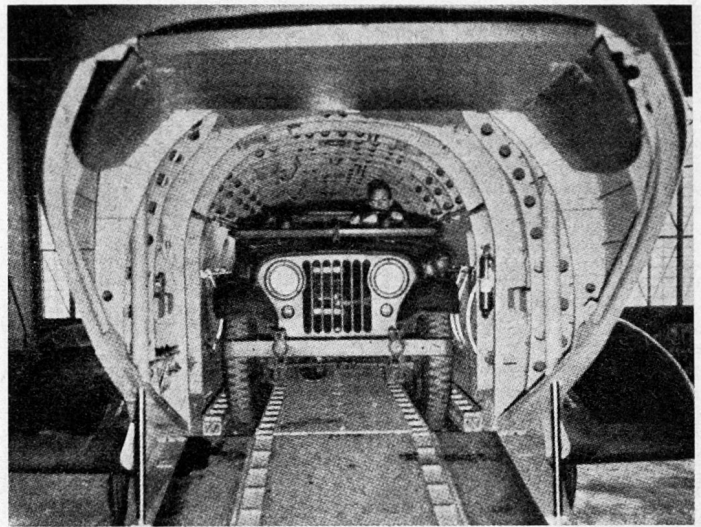


Bild 12. Laderaum und Rampe des Vertol 107

In den folgenden Betrachtungen sind wir von etwas vorsichtigeren Annahmen ausgegangen; insbesondere muß berücksichtigt werden, wie das Material transportiert wird, weil dadurch die Beladungszeit sehr stark variiert. Über kurze Distanzen wird man bestimmt in allen nur möglichen Fällen darauf tendieren, die Lasten in Netzen oder direkt angehängt außerhalb der Maschine zu transportieren.

Bei zunehmender Distanz empfiehlt es sich, die Waren im Rumpf der Maschine zu befördern, da dann mit großer Geschwindigkeit geflogen werden kann. Wir möchten nun an Hand von folgendem Beispiel die Transportleistung verschiedener Typen miteinander vergleichen:

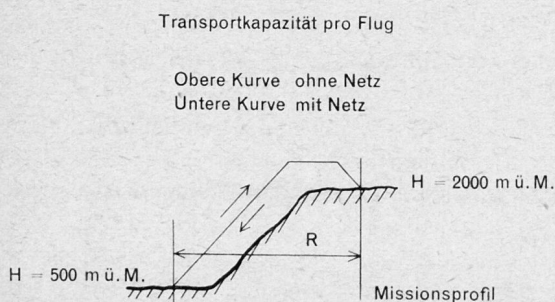
Von einem zentralen Nachschubplatz auf 500 m ü. M. ist eine Einheit im Gebirge zu versorgen, der Abladeort liegt auf 2000 m ü. M. Die Frage lautet nun: Wie groß ist das Transportvolumen pro Flug und pro Tag (8 Stunden Arbeit)?

Die Antwort liegt in den beiden Diagrammen auf Seite 326.

Abb. 13 ist eine Darstellung der Transportleistung pro Flug; dabei ist die Maschine auf dem Hin- und auch auf dem Rückflug voll beladen. Man sieht, daß diese Leistung mit zunehmender Distanz abnimmt, da die notwendige Brennstoffmenge ständig zunimmt auf Kosten der zählenden Last. Für jeden Typ gibt es zwei verschiedene Kurven; die eine stellt den internen, die andere den externen Transport der Last dar. Der Transport im Inneren der Maschine wird mit zunehmender Distanz immer günstiger.

Im oberen Teil des Diagrammes sind die errechneten Zeiten, die pro Flug notwendig sind, in Minuten eingetragen, wobei die obere Zahlenreihe für den internen, die untere für den Netztransport gilt.

Welch gewaltige Leistungen Maschinen wie der *Vertol 107* vollbringen können, ist augenfällig, aber auch schon Typen wie der *Bell* sind, alles relativ betrachtet, ganz interessant und können Einzellasten bis etwa 1400 kg heben.



Typ	R(km)	0	25	50	75	100
Alouette II	32	50	68	86	104	
	25	57	89	121	153	
Alouette III	36	52	68	86	102	
	28	61	94	127	160	
Bell	67	82	98	114	130	
	38	71	105	138	171	
Sikorsky	80	94	108	124	135	
	46	78	112	144	178	
Chinook	132	140	148	156	164	
	46	70	96	120	146	

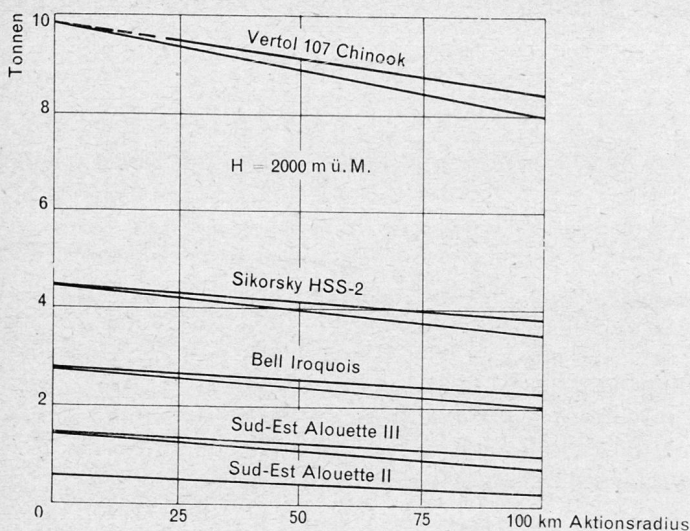
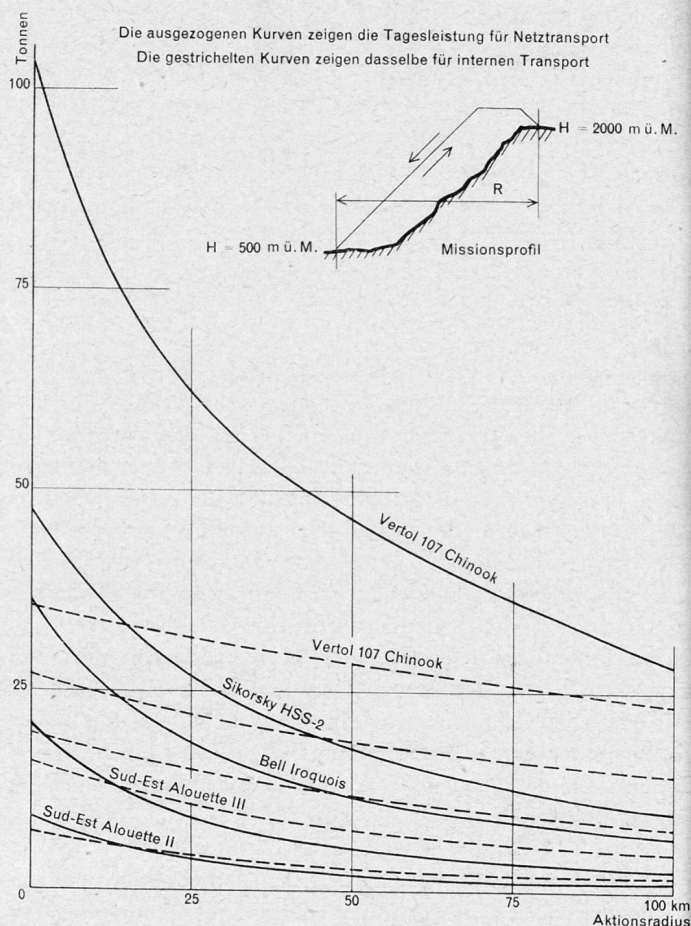


Abb. 14 zeigt die Tagesleistung bei 8 Stunden ununterbrochener Arbeit, wobei aber die Zeiten für das Nachtanken berücksichtigt sind.

Das starke Abfallen der Arbeitskapazität bei zunehmender Distanz ist durch die ebenfalls zunehmende Reisezeit bedingt. Wir haben hier wiederum zwei Kurven pro Helikoptertyp, die obere, ausgezogene gilt für den Transport mit Netz, die gestrichelte für interne Ladungen.

Die scheinbar große Diskrepanz ist so zu verstehen: Beim Netztransport ist angenommen worden, daß die Einzelladungen rechtzeitig vorbereitet wurden und nur noch an der Aufhängevorrichtung der Maschine festgemacht werden müssen. Diese Operation geht sehr rasch vor sich. Im anderen Falle war die Annahme so, daß die gesamte Ladung mit einem bestimmten

Tägliche Transportkapazität zwischen 500 und 2000 m ü. M.
8 Arbeitsstunden



Tempo in Form von Einzellasten in den Rumpf der Maschine getragen würde; die Ladezeit wird dadurch groß.

Mit diesen zwei Annahmen haben wir einen weiten Bereich der Leistungsfähigkeit der Maschinen überdeckt. Was in jedem praktischen Einzelfall geleistet wird, muß neu ermittelt werden.

Eines zeigt dieses Beispiel gut: die Bedeutung einer sorgfältig geplanten Nachschuborganisation sowohl bei der Tal- als auch bei der Bergstation. Es ist klar, daß solche Leistungen nur dann erreichbar sind, wenn der Betrieb sich auf eine solide Unterhaltsorganisation stützen kann, Piloten müssen ebenfalls in genügender Anzahl vorhanden sein, da eine solche Aufgabe nicht von einem einzelnen 8 Stunden ohne Unterbruch ausgeführt werden kann.

Da die maximale Anzahl Passagierplätze jedes Typs bekannt ist, haben wir durch die Diagramme 13 und 14 ebenfalls einen gewissen Einblick in die Truppentransportkapazität.

Die Anzahl Passagierplätze beträgt von der Alouette II ausgehend: 3, 5 ÷ 6, 10 ÷ 12, 18 und schließlich 26 für den Vertol.

Die in diesem Falle benötigten Zeiten für den Flugtransport sind stark reduziert, da die Ladezeiten sehr kurz sind und die Reisegeschwindigkeit voll ausgenutzt werden kann.

Man erhält eine gute Approximation, wenn man 60 bis 70 % der Reisezeit für den Fall des internen Transportes annimmt.

Es sei im weiteren noch gezeigt, was man mit diesen Berechnungen im militärischen Sinne erreichen kann. Wir nehmen dazu an, daß vier Maschinen für eine Operation auf 25 km Distanz eingesetzt werden; dazu sollen Truppen wie auch Material transportiert werden. Mit dem Typ Alouette II können 8 bis 12 ausgerüstete Soldaten und 200 kg Material in einem ersten Flug transportiert werden, etwas weniger als 1 Stunde später würden sie im zweiten Flug 1000 kg Material erhalten.

Wenn Bell Iroquois eingesetzt werden, so sind es schon 40 Mann und über 1 t Material, die an den Einsatzort kommen, 1 Stunde später können ihnen 5 t Material geliefert werden, schwere Infanterie-Waffen, Minenwerfer, Munition usw. Eine Kombination ist natürlich jederzeit möglich, indem zum Beispiel im ersten Flug jede Maschine nur 6 Mann und 700 kg Material mitnehmen würde; diese kleine Gruppe hätte dann schon ein beträchtliches Kampfpotential.

In dem Falle, da vier Vertol 107 zur Verfügung stehen, sind es 104 Mann mit 8 t Material und später 18 t Material, die an den Einsatzort kommen. Das Ganze wickelt sich innerhalb 1 Stunde ab.

Solche Beispiele gäbe es für jede Situation und Waffengattung.

In dieser Feststellung sind alle Vorteile des Helikopters enthalten: seine bis an die Grenze des Erdenklichen reichende Vielseitigkeit, sei es als Flugzeug, Kran oder Schlepper.

Für ein kleines Land wie die Schweiz verbindet er in idealer Weise Leistung und Schnelligkeit.



Bild 15. Bell – 204 Iroquois

Der neue mittlere Helikopter der US-Army mit 1100 PS Leistung. Diese Maschine kann entweder 12 Soldaten oder 1500 kg Last mitnehmen. Rotordurchmesser 16 m. Maximalgewicht 3800 kg

Es gibt wenig Wetterlagen, die ihn vollständig fluguntauglich machen; unsere Alpenkämme überspringt er mit Leichtigkeit, auch mit schweren Lasten. In unserem kuppigen Gelände ist seine Fähigkeit, lokale Hindernisse zu überbrücken, von großer Bedeutung. Was wir im Frieden mit den Lawinen, die den Straßen- und Eisenbahnverkehr stören, erleben, soll uns eine Warnung für die Kriegszeit sein. Der große und der kleine Helikopter wird dann unser bestes Hilfsmittel sein; mit ihm werden wir noch Kommandanten und andere wichtige Personen rechtzeitig an gewünschte Orte bringen können, Truppen, Waffen, Munition und Material über zerstörte Engpässe befördern, zerstörte Brücken reparieren oder ersetzen, Telefonlinien installieren oder Radio-relaisstationen an den günstigsten Orten deponieren.

Abschließend möchten wir noch einige Worte zur Frage der Wahl des geeignetsten Typs sagen:

Daß wir Maschinen mit guten Höhenleistungen brauchen, ist allen klar. Zur Frage der Größe ist zu sagen, daß nur eine genaue



Bild 16. Die Alouette III. Maximal 5 Passagierplätze
Ein Triebwerk Alouette II von 400 PS
Maximales Startgewicht 1500–1600 kg. Rotordurchmesser 10,2 m

Formulierung der Aufgabe zur richtigen Wahl führen kann. Jede Maschine ist für eine bestimmte Einsatzzkonzeption vom Konstrukteur optimiert worden und wird auch erst rentabel, wenn sie entsprechend verwendet wird.

Eines sollte vermieden werden: verschiedene Typen anzuschaffen, die sich nicht in voneinander gut getrennte Leistungskategorien einreihen lassen. Eine Überlappung würde hier einen Verlust bedeuten.

In den nächsten Jahren sollen in unserer Armee mit Helikoptern ausgerüstete Einheiten aufgestellt werden. Wir sind überzeugt, daß dieser Beginn den richtigen Weg zur Weiterentwicklung finden wird; die Voraussetzung dazu ist eine systematische Auswertung aller gemachten Erfahrungen.

Es sollte besonders am Anfang nicht unterlassen werden, dieses neue Instrument wie einen Teig zu kneten, bis die für uns beste Einsatzform gefunden ist. Flexibilität und Leistung sind im Instrument naturgemäß eingebaut, und die Führung soll auf der Höhe des Instrumentes sein.



Bild 17. Sikorsky HSS-2 mit 2 Gasturbinen zu je 1050 PS
Die Maschine wiegt maximal 8 Tonnen und kann bis 2,2 Tonnen Last mitnehmen. Rotordurchmesser 19 m

«Denkt daran, es gibt keinen Gott, noch eine Vorsehung für die Feigen, die nicht den Mut haben, ihre Pflicht zu tun!»

Niklaus Friedrich von Steiger (1729–1799)