

Zu 14.7 - 45/1

Bildbeilage

zum **LEHRBRIEF 45**

Aerodynamik und Flugmechanik

HERAUSGEBER: INGENIEURSCHULE FÜR VERKEHRSTECHNIK DRESDEN

Zu 14.7 - 45/1

Bildbeilage

zum LEHRBRIEF 45

Aerodynamik und Flugmechanik

HERAUSGEBER: INGENIEURSCHULE FÜR VERKEHRSTECHNIK DRESDEN

Bild 1
 c_a -Wert bei Minimal-
 geschwindigkeit

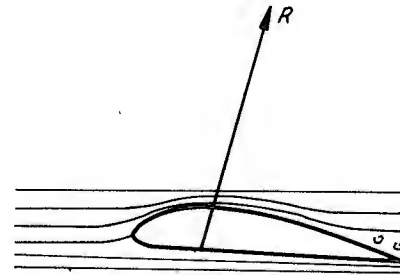
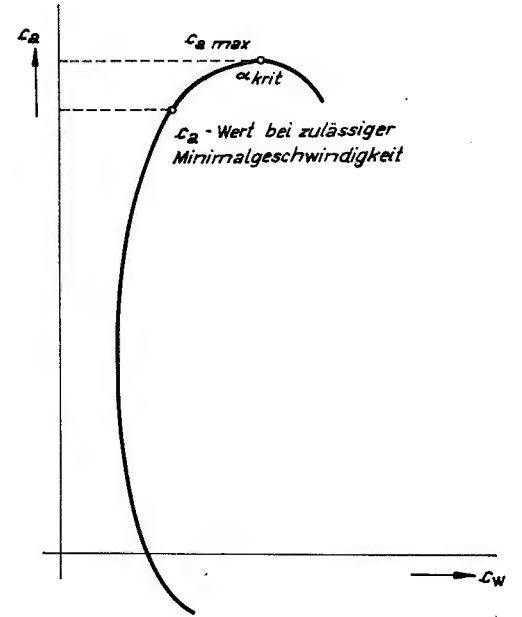
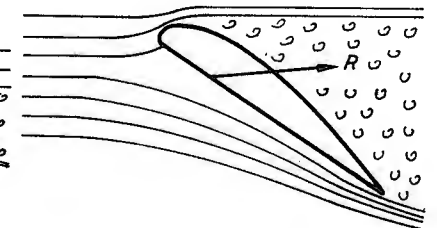
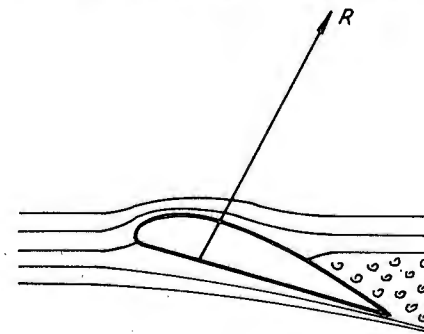


Bild 2
 Ausbreitung des Strömungsabris-
 ses von der Flügelhinterkante
 zur Flügelnase hin bei Vergröße-
 rung des Anstellwinkels



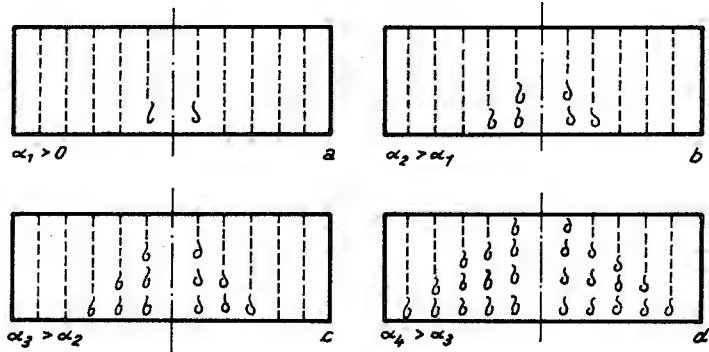


Bild 3
Ausbreitung des Strömungsabrisses über die Spannweite eines rechteckigen Tragflügels bei Vergrößerung des Anstellwinkels

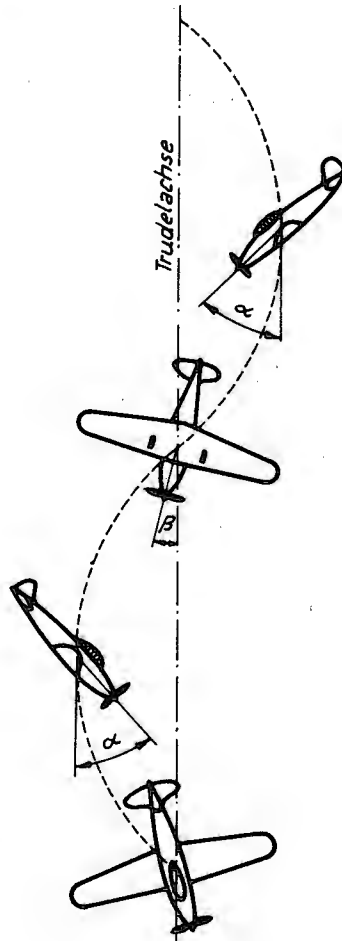


Bild 4
Trudelbewegung eines Flugzeuges

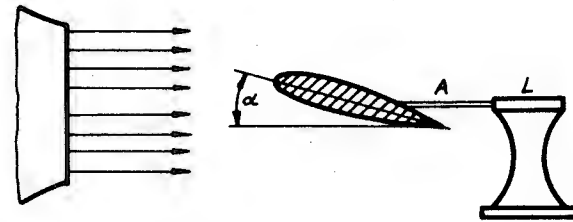


Bild 5
Versuchsanordnung zur Darstellung der Autorotation des Tragflügels

Bild 6
Veränderung des Anstellwinkels bei Autorotation des Tragflügels

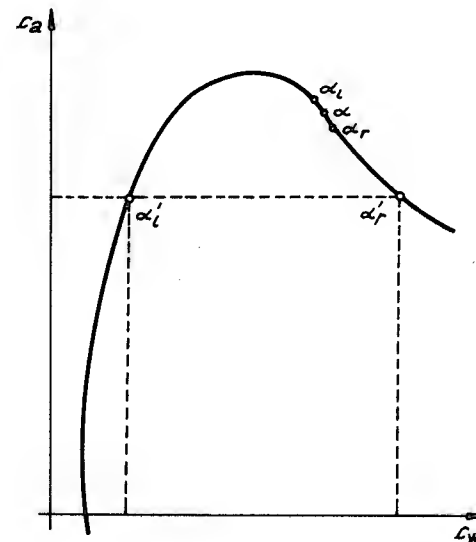
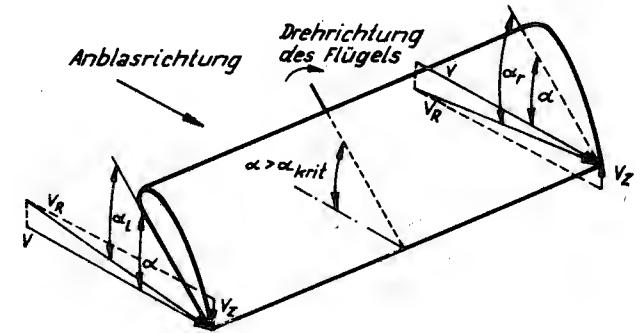


Bild 7
Auftriebs- und Widerstandsbeiwerte bei Autorotation des Tragflügels

Bild 8a

Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit bei Autorotation vom Anstellwinkel bei verschiedenen Fluggeschwindigkeiten

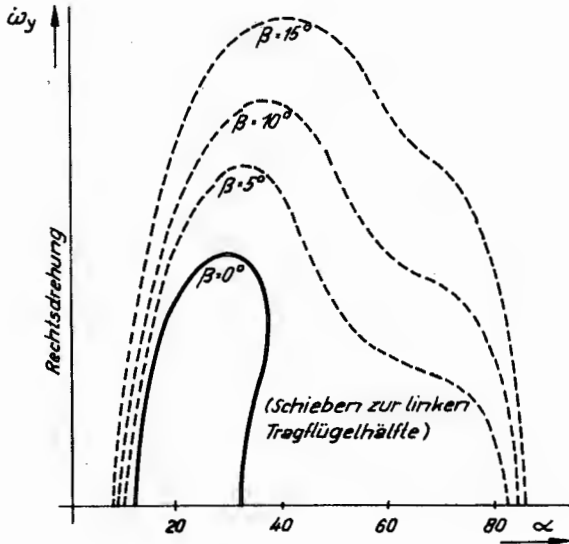
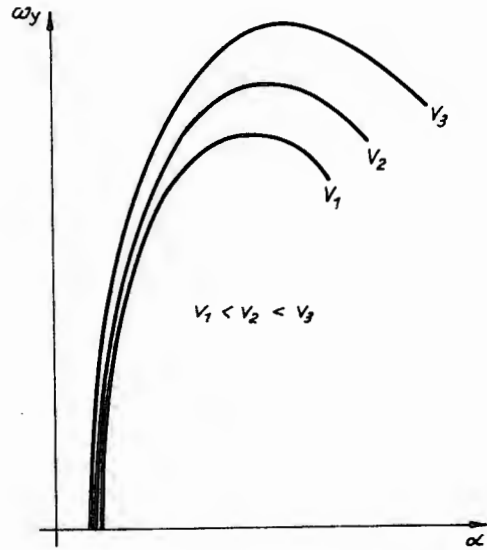


Bild 8b

Abhängigkeit der Winkelgeschwindigkeit bei Autorotation vom Anstellwinkel bei verschiedenen Schiebewinkeln

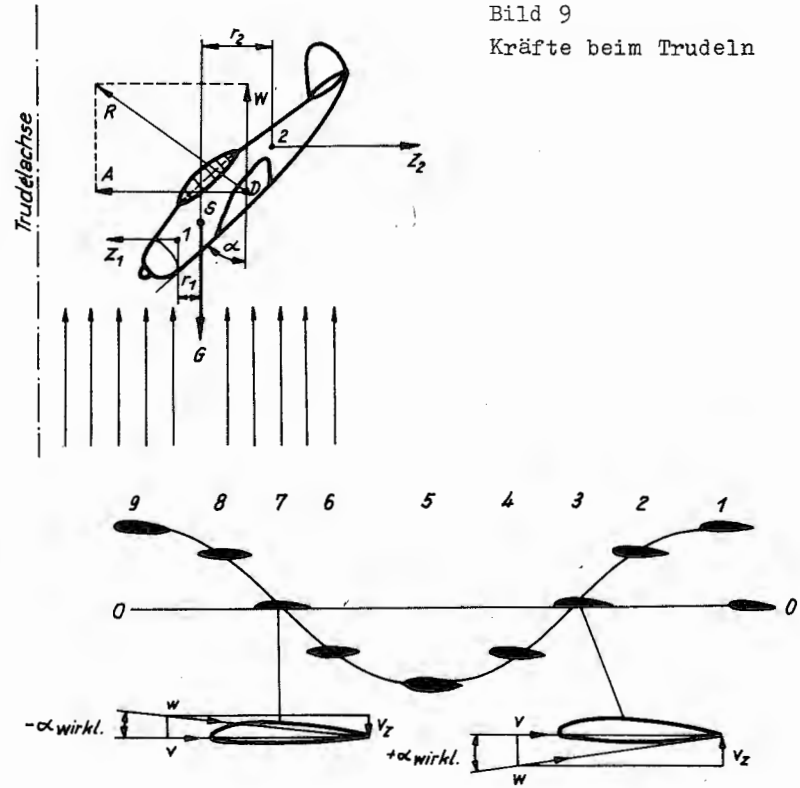


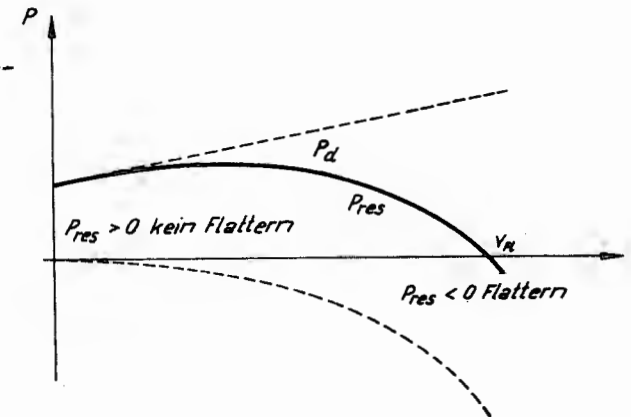
Bild 9

Kräfte beim Trudeln

Bild 10 Biegeschwingung des Tragflügels

Bild 11

Kritische Flattergeschwindigkeit



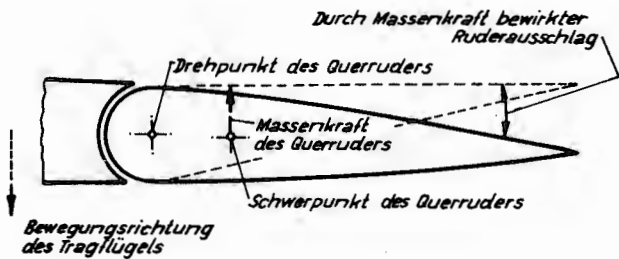


Bild 12
Schwerpunktlage des Querruders, bei der das Querruderflattern begünstigt wird

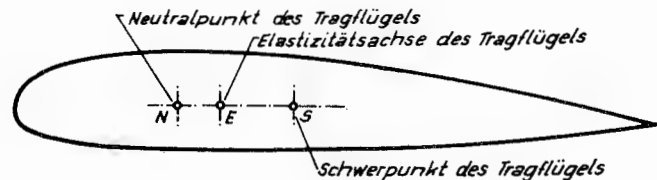


Bild 16 Schwerpunktlage des Tragflügels, bei der das Flattern begünstigt wird

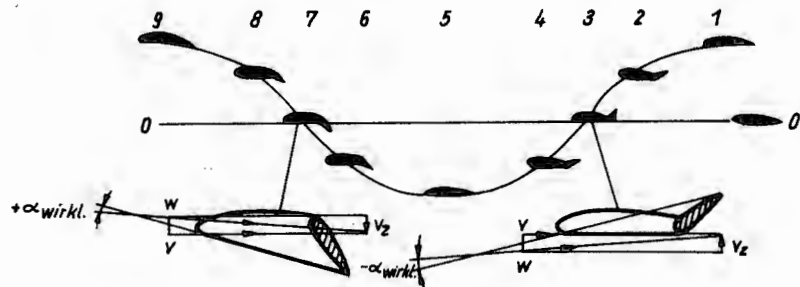


Bild 13 Biege-Querruder-Flattern

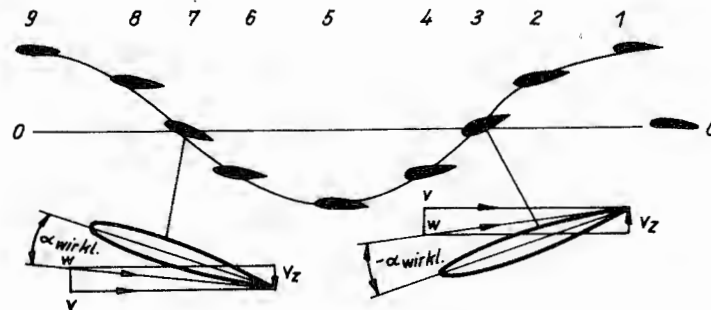


Bild 17 Biege-Verdreh-Flattern



a) Massenausgleich in der Rudernase

b) Massenausgleich an einem Auslager

Bild 14 Direkter Rudermassenausgleich

- D = Drehpunkt des Ruders
- S = Schwerpunkt des Ruders
- S_A = Schwerpunkt des Massenausgleichs
- S_R = Ruderschwerpunkt ohne Massenausgleich

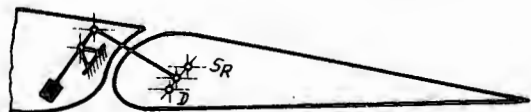


Bild 15 Indirekter Rudermassenausgleich

S_R = Ruderschwerpunkt ohne Massenausgleich

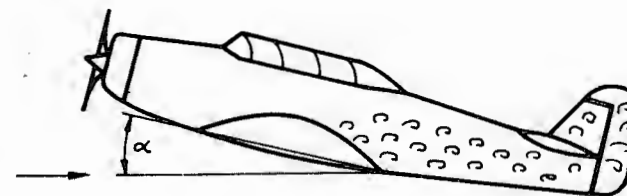


Bild 18 Ursache des Buffeting bei niedrigen Fluggeschwindigkeiten

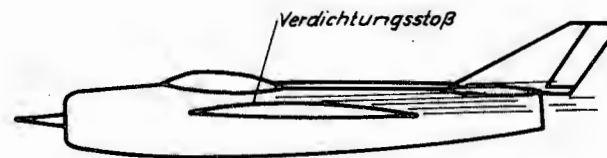


Bild 19 Ursache des Buffeting bei hohen Fluggeschwindigkeiten

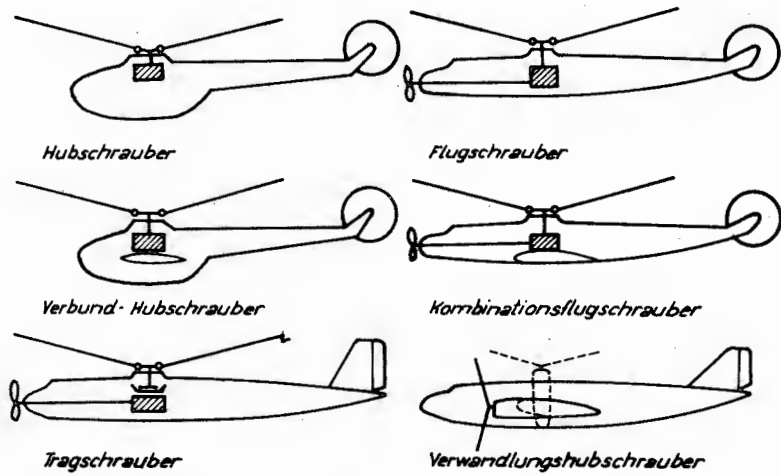


Bild 20 Arten der Drehflügelflugzeuge



Bild 21 Hubschrauber Mi 4 mit einem Rotor und vertikaler Heckschraube



Bild 22 Tandemrotor - Hubschrauber Jak 24

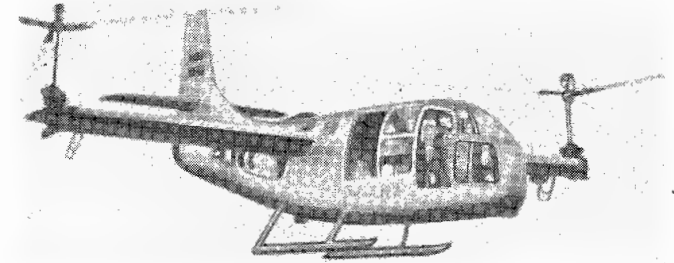


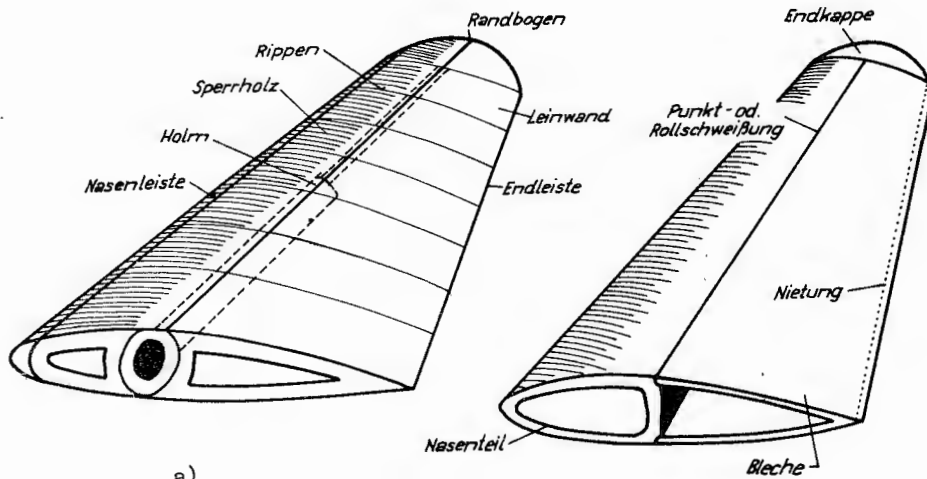
Bild 23 Hubschrauber mit nebeneinander angeordneten Rotoren



Bild 24 Hubschrauber KA - 15 mit koaxialer Anordnung der Rotoren



Bild 25 Momentenausgleich beim einrotorigen Hubschrauber



a)
 Bild 26 Aufbau des Rotorblattes
 a) Rotorblatt in Gemischtbauweise
 b) Rotorblatt in Metallbauweise

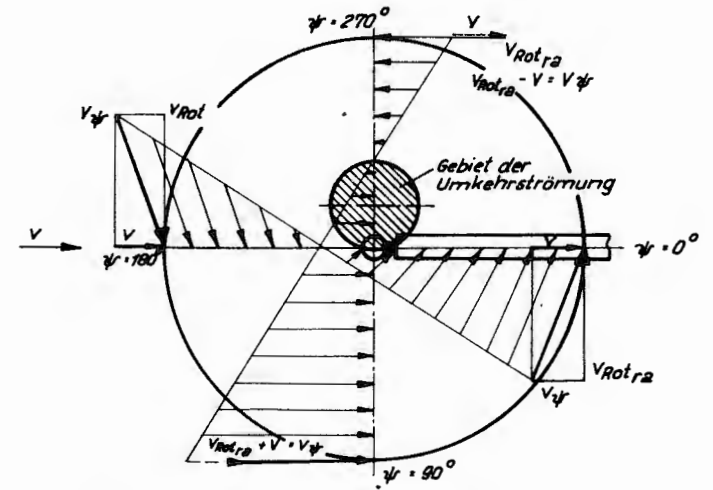


Bild 28 Anströmung des Rotorblattes bei gleichzeitiger Bewegung mit der Geschwindigkeit v

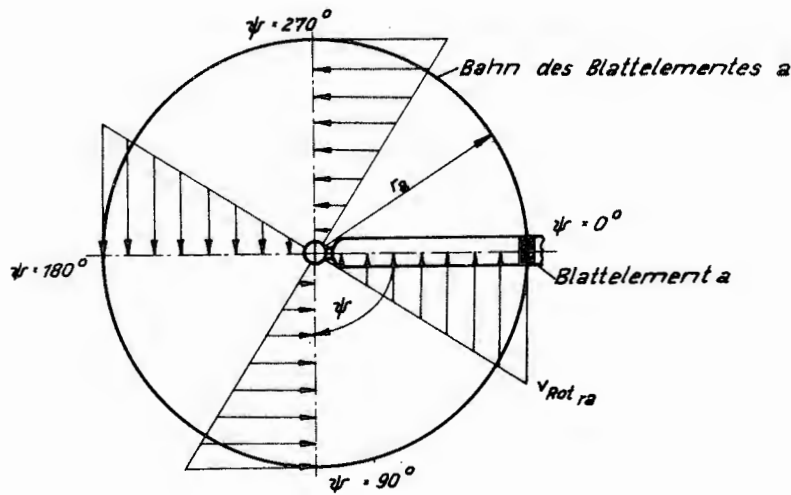


Bild 27 Anströmung des Rotorblattes in ruhender Luft

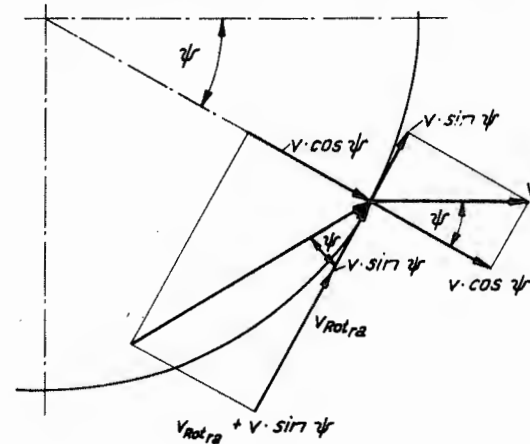
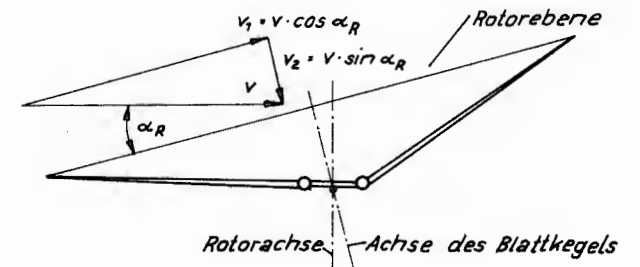


Bild 29
 Ermittlung der Anströmgeschwindigkeit v_ψ

Bild 31
 Anströmung des Rotors im Vorwärtsflug



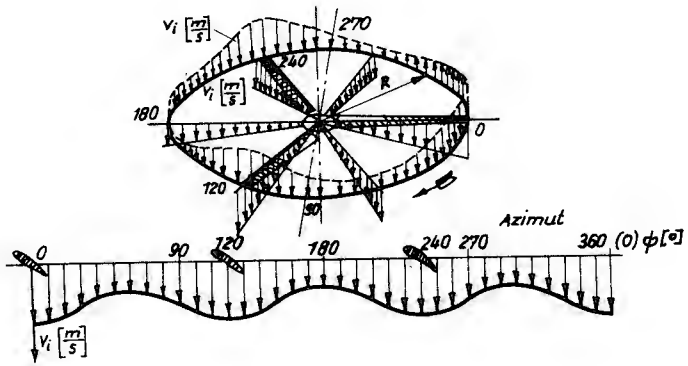


Bild 30 Verteilung der induzierten Geschwindigkeit über der Rotorkreisfläche bei einem dreiblättrigen Rotor

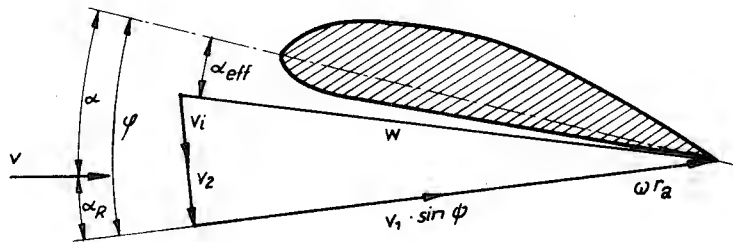


Bild 32 Anströmung des Blattes im Vorwärtsflug

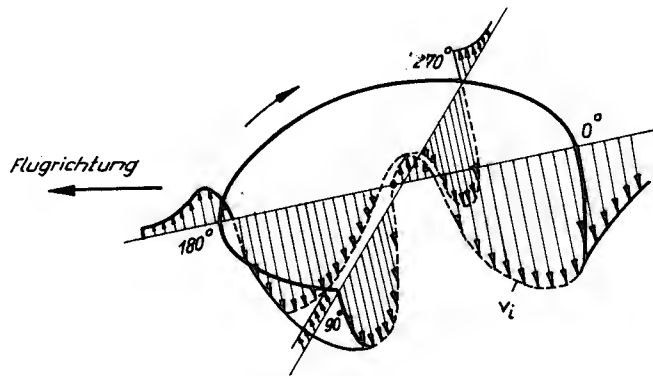


Bild 33 Verteilung der induzierten Geschwindigkeit über der Rotorkreisfläche im Vorwärtsflug

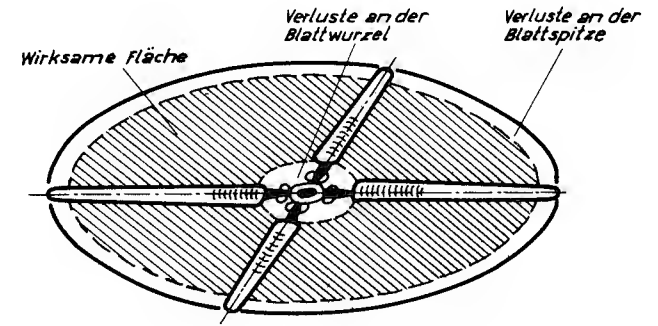


Bild 34 Wirksame Rotorkreisfläche

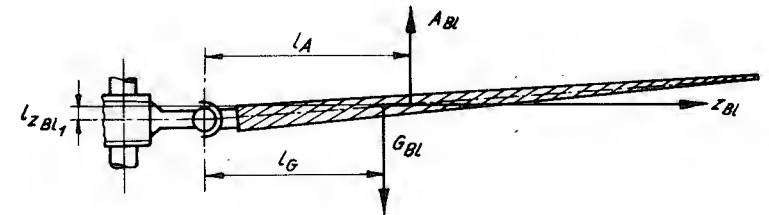


Bild 35 Kräfte am Blatt bei der Schlagbewegung

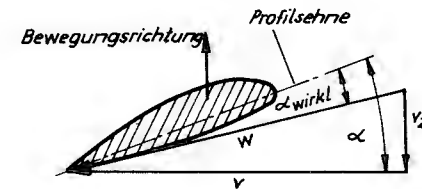
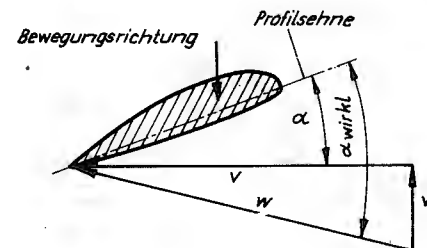


Bild 36 Veränderung des Anstellwinkels durch die Schlagbewegung



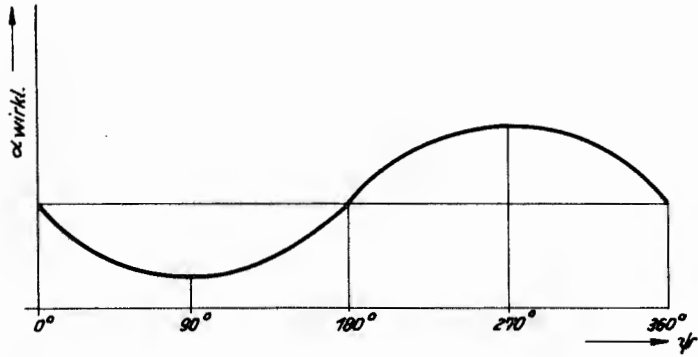


Bild 37 Änderung des tatsächlichen Blattanstellwinkels α_{wirkl} mit dem Drehwinkel ψ

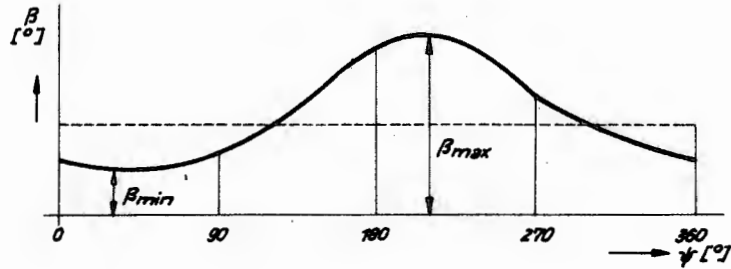


Bild 38 Änderung des Schlagwinkels β über dem Drehwinkel ψ

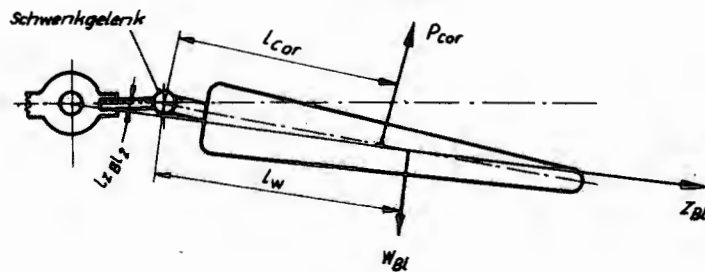


Bild 39 Kräfte am Blatt bei der Schwenkbewegung

Bild 40

Entstehung der Corioliskraft bei gleichzeitiger Dreh- u. Schlagbewegung des Rotorblattes

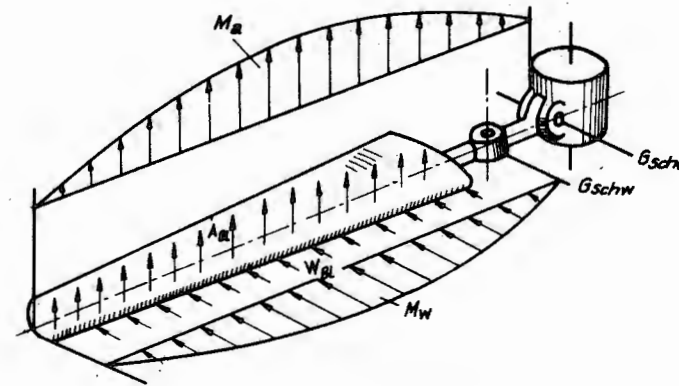
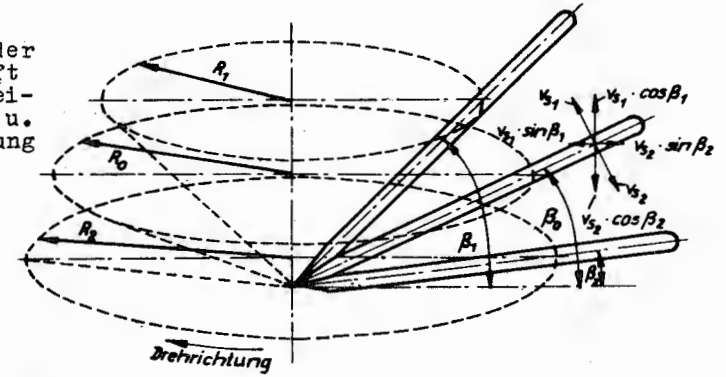


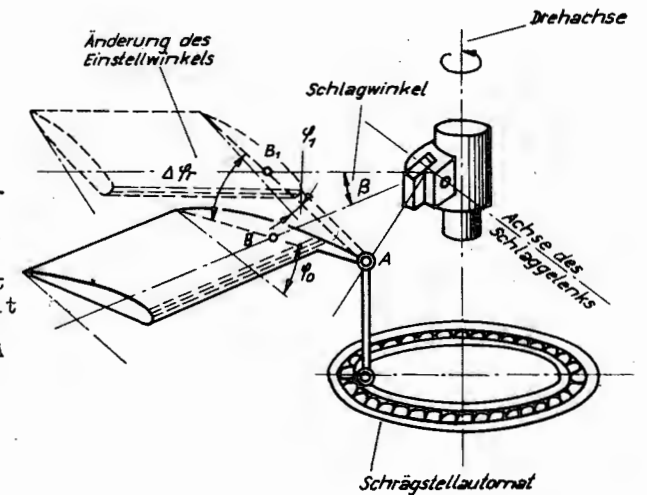
Bild 41

Biegebeanspruchung des Blattes bei gelenkigem Anschluß
 G_{schl} = Schlaggelenk
 G_{schw} = Schwenkgelenk

Bild 42

Arbeitsprinzip des Schlagreglers

A = Anschlußgelenk von Blatthebel und Blattverstellstange des Schrägstellautomaten
 B = Schnittpunkt der Blattachse mit der auf ihr vom Anschlußgelenk A aus errichteten Senkrechten bei $\beta = 0$
 B_1 = Lage von B bei Auslenkung des Blattes um den Winkel β



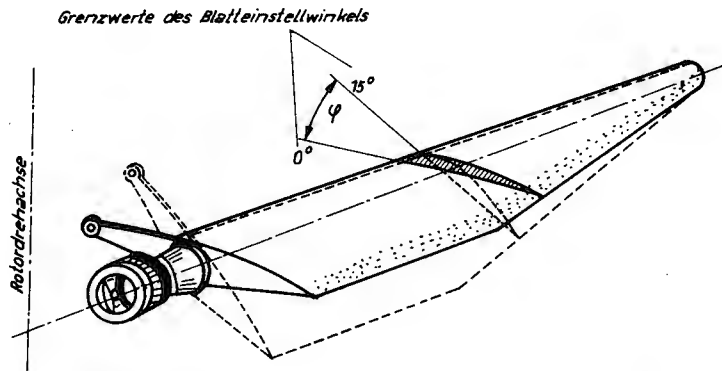


Bild 43 Drehung des Rotorblattes um seine Längsachse

Bild 44

An der Erzeugung der Luftkraft L beteiligtes Luftvolumen bei schrägem Anblasen

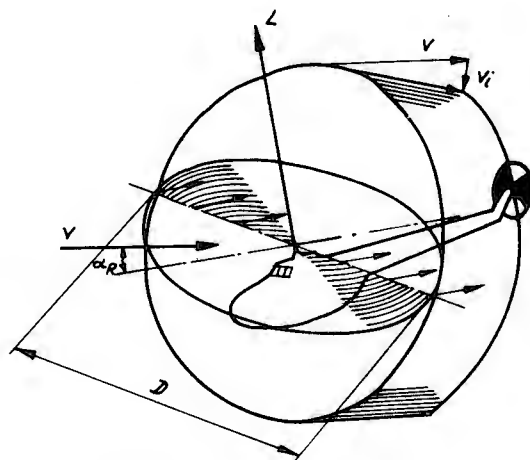


Bild 45

An der Erzeugung der Luftkraft L beteiligtes Luftvolumen im Schwebeflug und Senkrechtflug

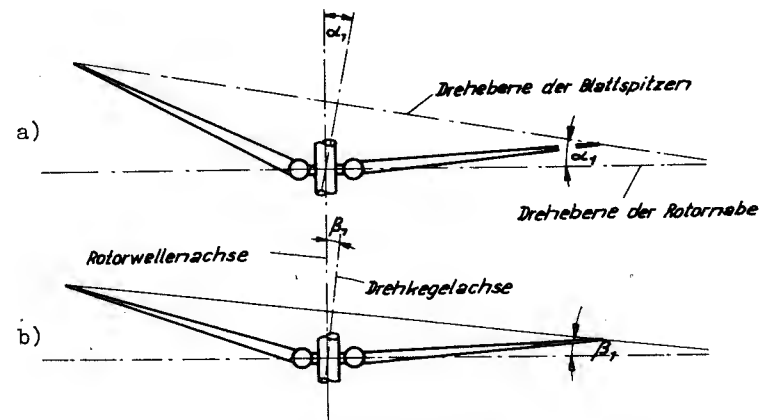
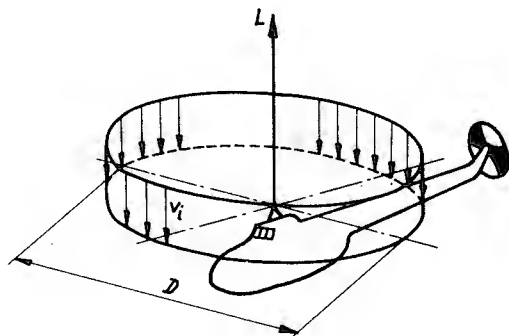


Bild 46 Kippen des Rotorkegels bei schrägem Anblasen

a) Kippen der Rotorkegelachse in der Längsebene

b) Kippen der Rotorkegelachse in der Querebene

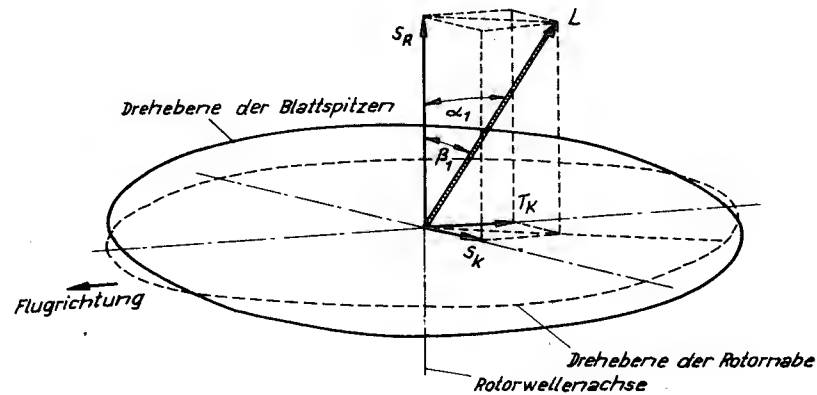


Bild 47 Zerlegung der Luftkraft L nach flugzeugfesten Koordinaten

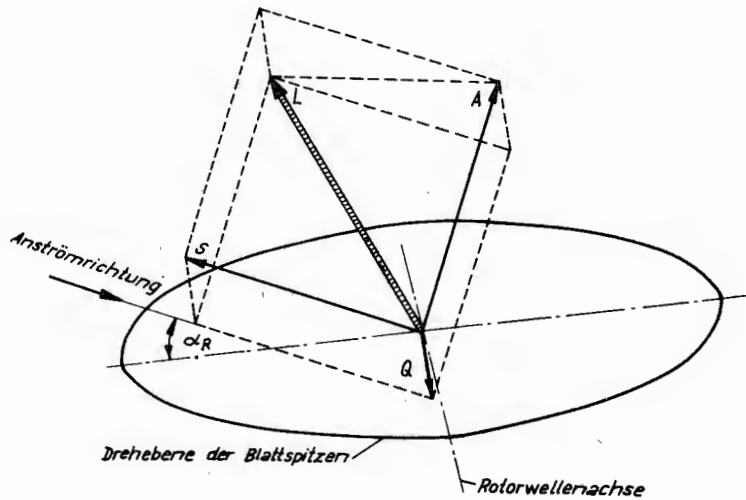


Bild 48 Zerlegung der Luftkraft L nach flugwindfesten Koordinaten

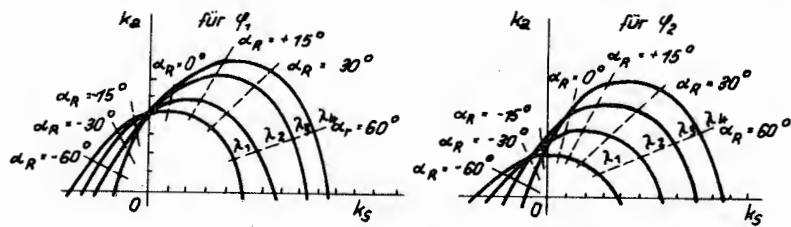


Bild 49 Rotorpolaren nach Flugkennzahlen mit verschiedenen Anströmbeiwerten λ als Parameter für 2 Einstellwinkel φ_1 und φ_2

Bild 50 Rotorpolaren nach aerodynamischen Beiwerten mit verschiedenen Zustandsbeiwerten μ als Parameter für einen Anströmbeiwert λ

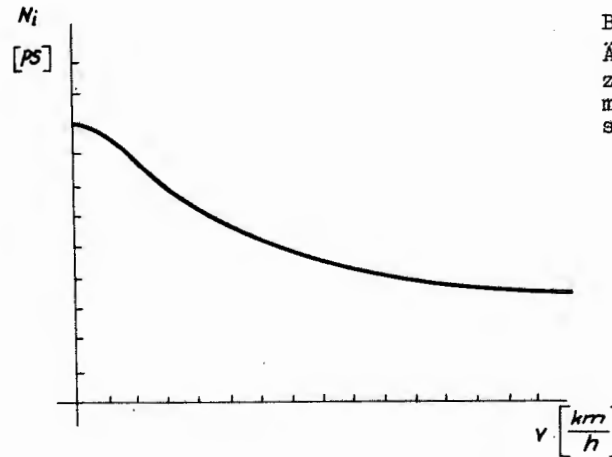
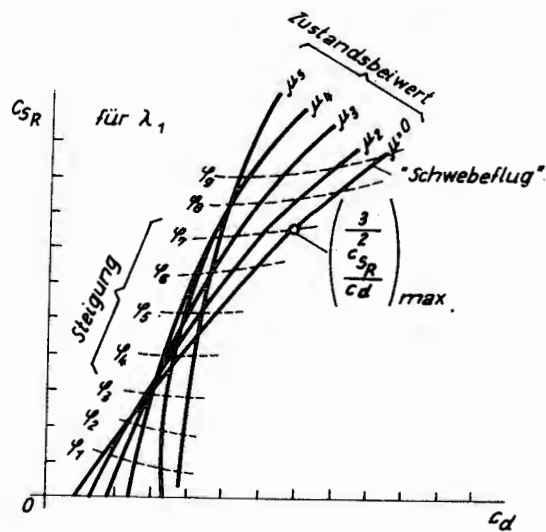


Bild 51 Änderung der induzierten Leistung N_i mit der Flugeschwindigkeit v

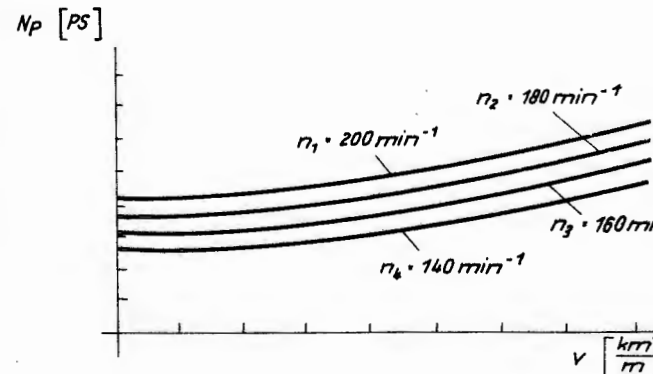


Bild 52 Änderung der Leistung N_p zur Überwindung des Profilwiderstandes mit der Flugeschwindigkeit v

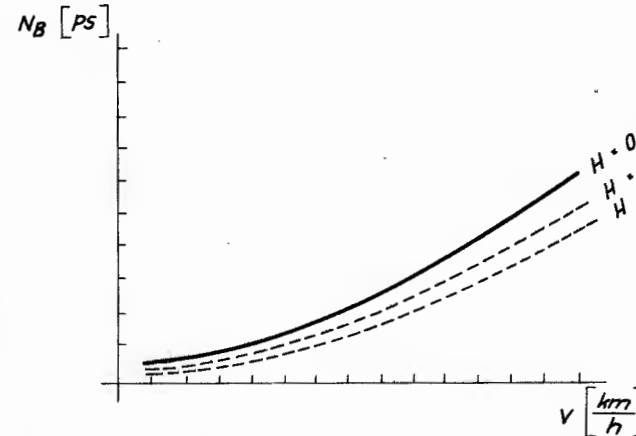


Bild 53 Änderung der Bewegungsleistung N_B mit der Flugeschwindigkeit v

Bild 54
Erforderliche und verfügbare Leistung und ihre Bestandteile bei Änderung der Flugeschwindigkeit

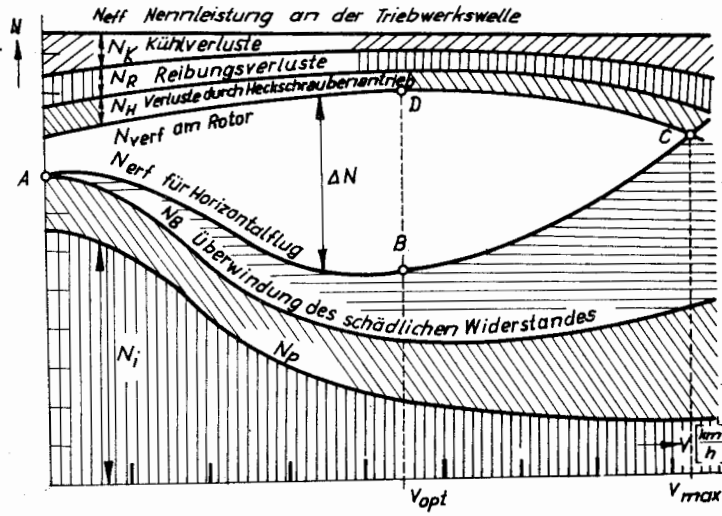


Bild 55
Kräfte am einrotorigen Hubschrauber im Schwebeflug

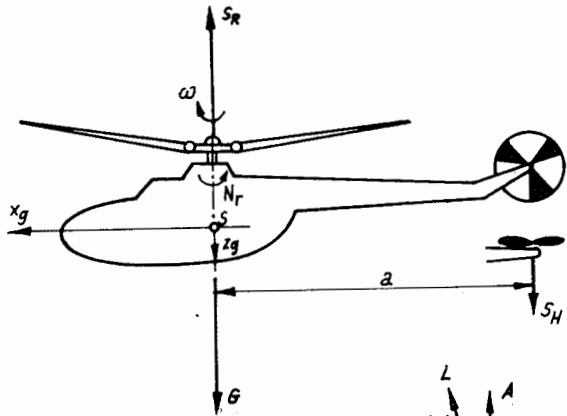


Bild 56
Kräfte am einrotorigen Hubschrauber während des Horizontalfluges

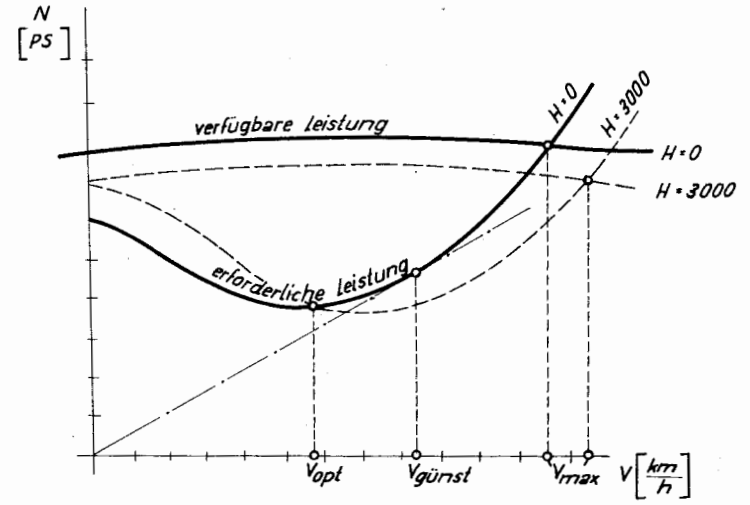
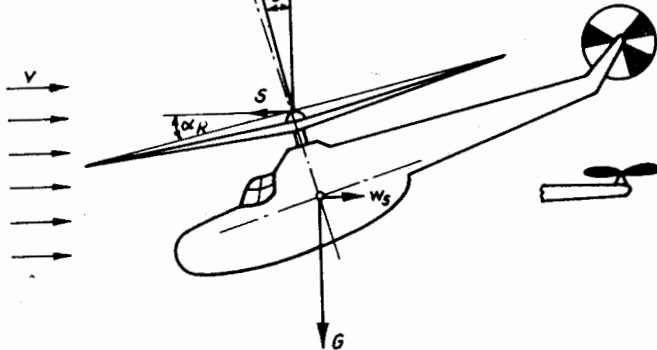


Bild 57 Charakteristische Geschwindigkeiten im Horizontalflug

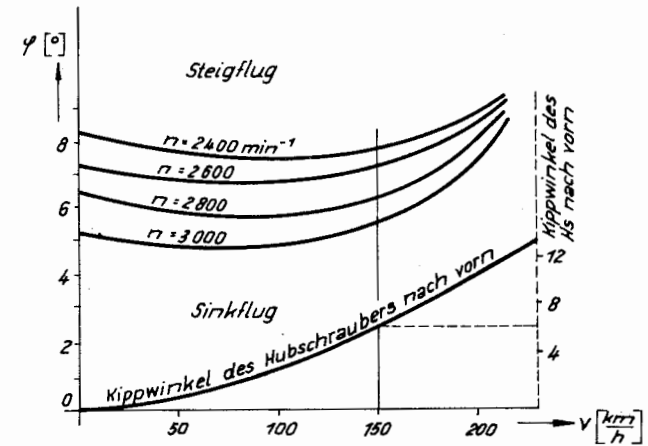


Bild 58 Zusammenhang zwischen Kippwinkel, Steigungswinkel phi und Drehzahl n

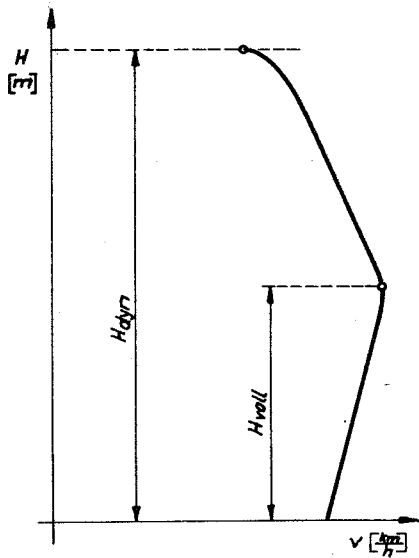


Bild 59
Verlauf der maximalen Flugeschwindigkeit in Abhängigkeit von der Flughöhe bei einem Hubschrauber mit KTW

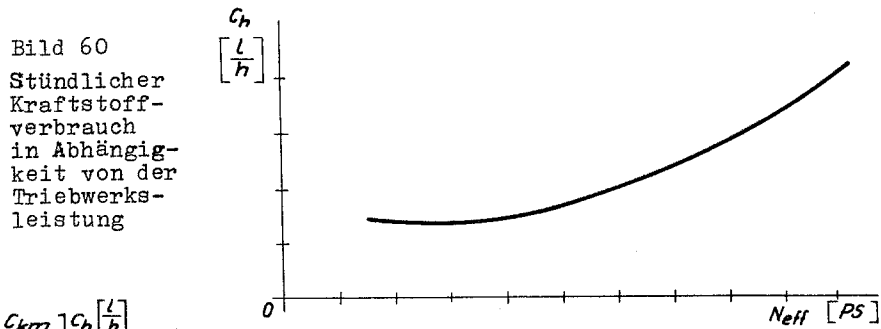


Bild 60
Stündlicher Kraftstoffverbrauch in Abhängigkeit von der Triebwerksleistung

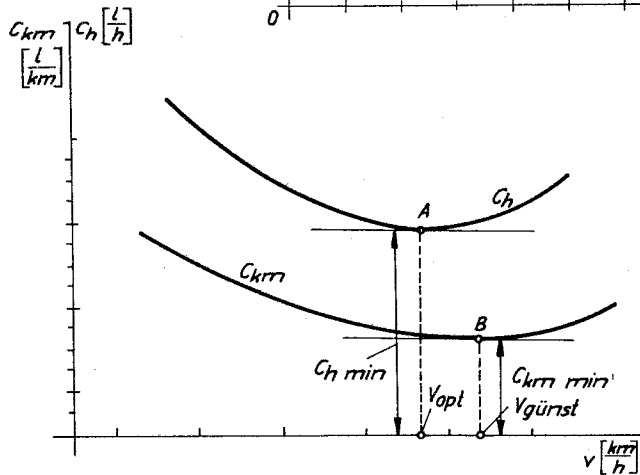


Bild 61
Kraftstoffverbrauch je Stunde und je Kilometer in Abhängigkeit von der Flugeschwindigkeit

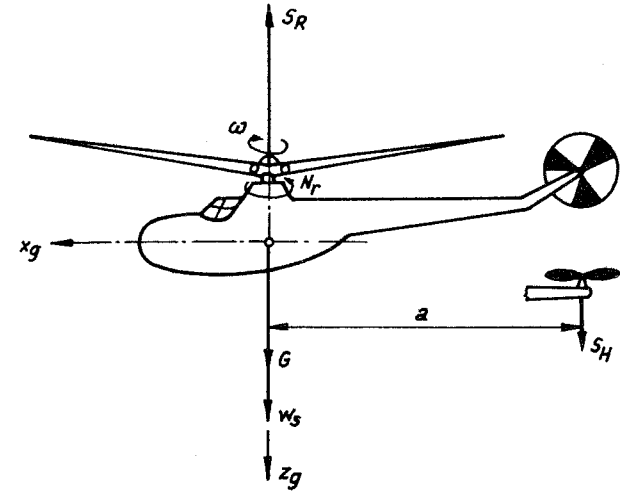


Bild 62 Kräfte am einrotorigen Hubschrauber beim senkrechten Steigflug

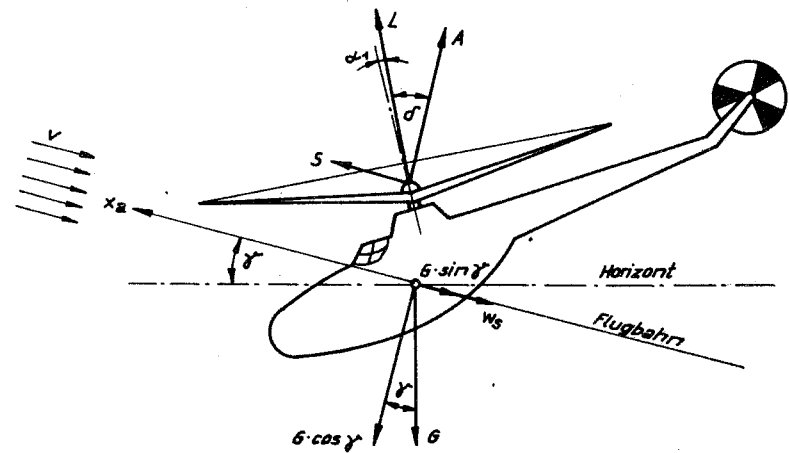


Bild 63 Kräfte am einrotorigen Hubschrauber während des schrägen Steigfluges

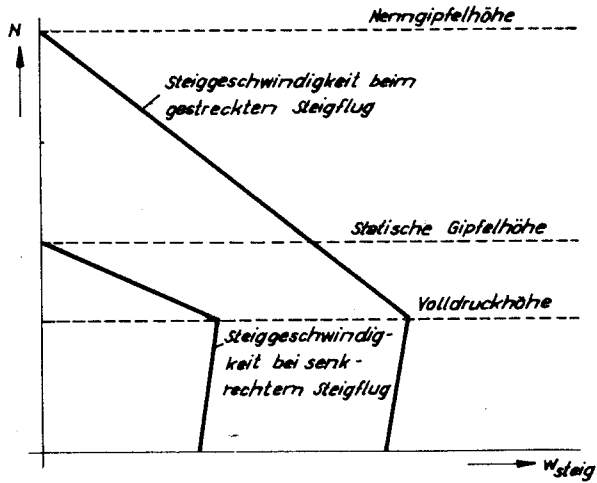


Bild 64 Steiggeschwindigkeit und Gipfelhöhe bei senkrechtem und gestrecktem Steigflug eines Hubschraubers mit Kolbenantrieb

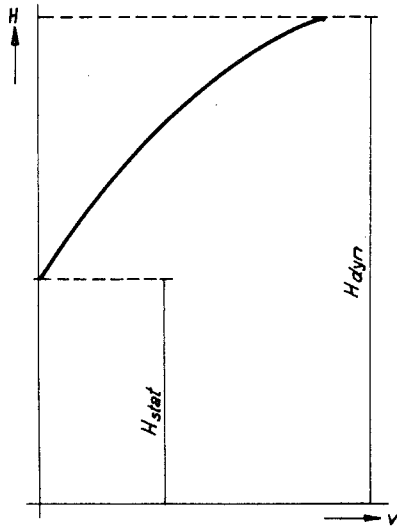


Bild 65 Minimale Horizontalfluggeschwindigkeiten in Abhängigkeit von der Höhe

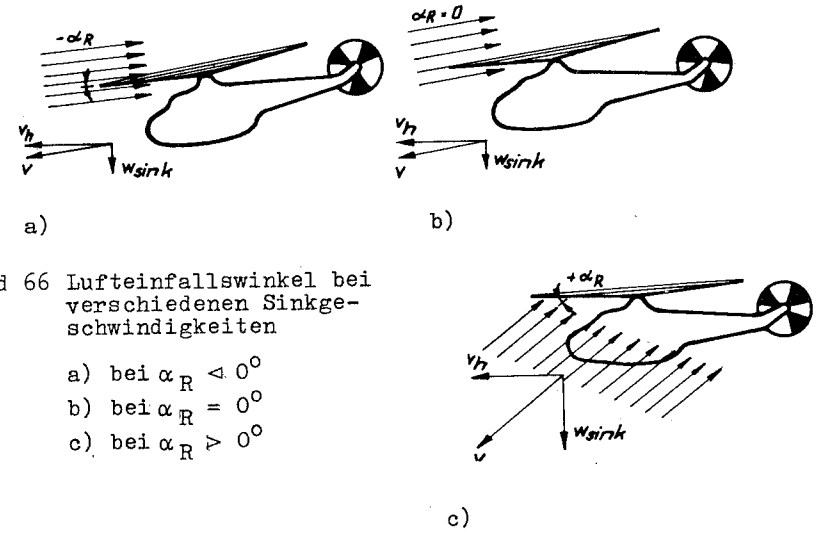


Bild 66 Luftteinfallswinkel bei verschiedenen Sinkgeschwindigkeiten

- a) bei $\alpha_R < 0^\circ$
- b) bei $\alpha_R = 0^\circ$
- c) bei $\alpha_R > 0^\circ$

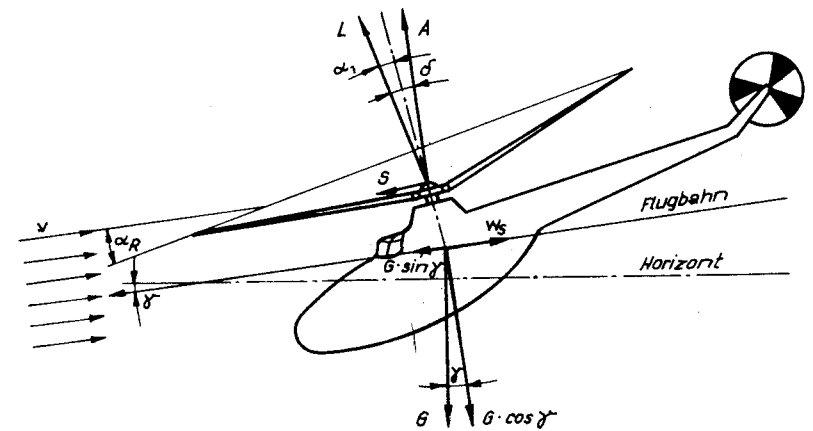


Bild 67 Kräfte am einrotorigen Hubschrauber im Sinkflug auf geneigter Flugbahn

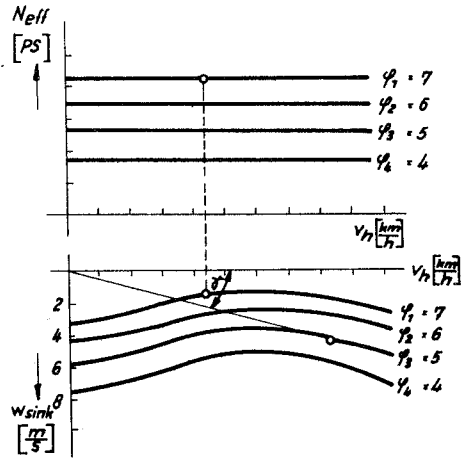


Bild 68 Sinkpolaren des Hubschraubers

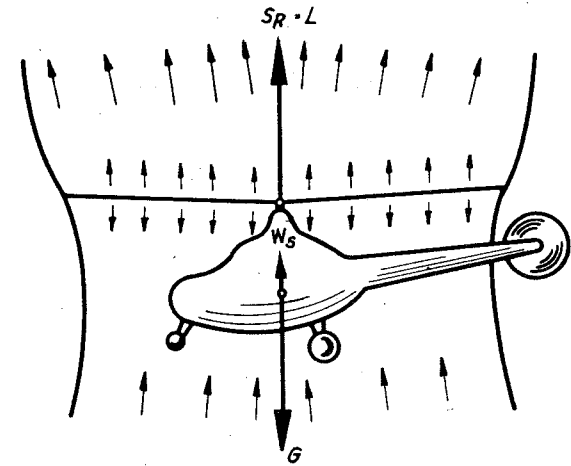


Bild 70 Senkrechter Sinkflug bei Autorotation des Rotors

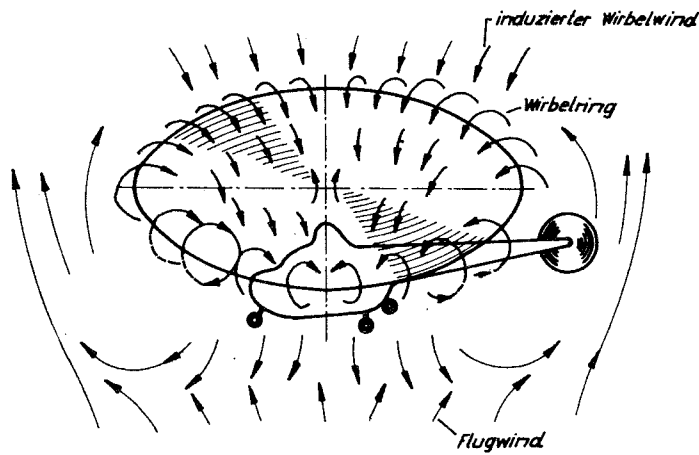


Bild 69 Schema der Wirbelringbildung am Rotor

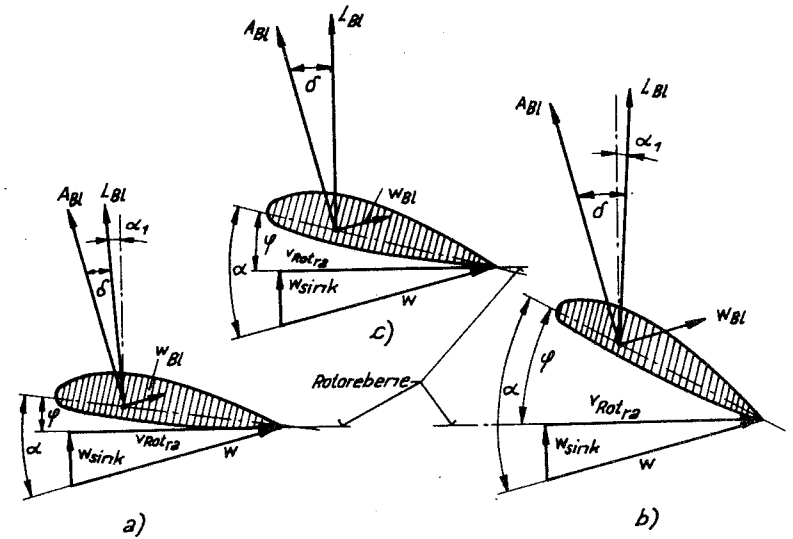


Bild 71 Strömungsverhältnisse am Rotorblatt im senkrechten Sinkflug bei Autorotation

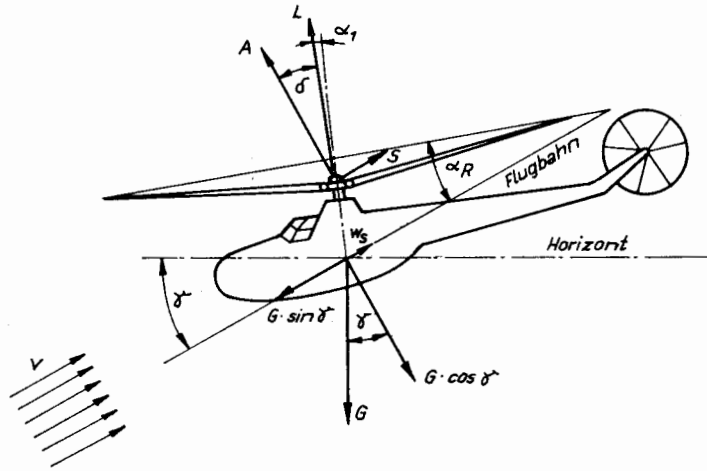


Bild 72 Kräfte am einrotorigen Hubschrauber im Gleitflug bei Autorotation des Rotors

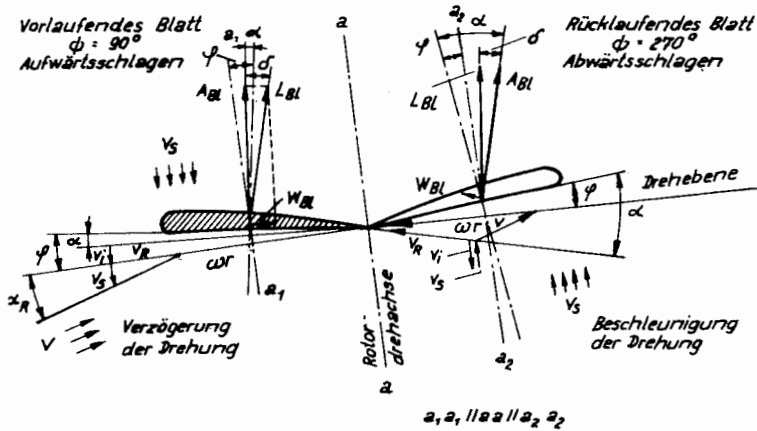
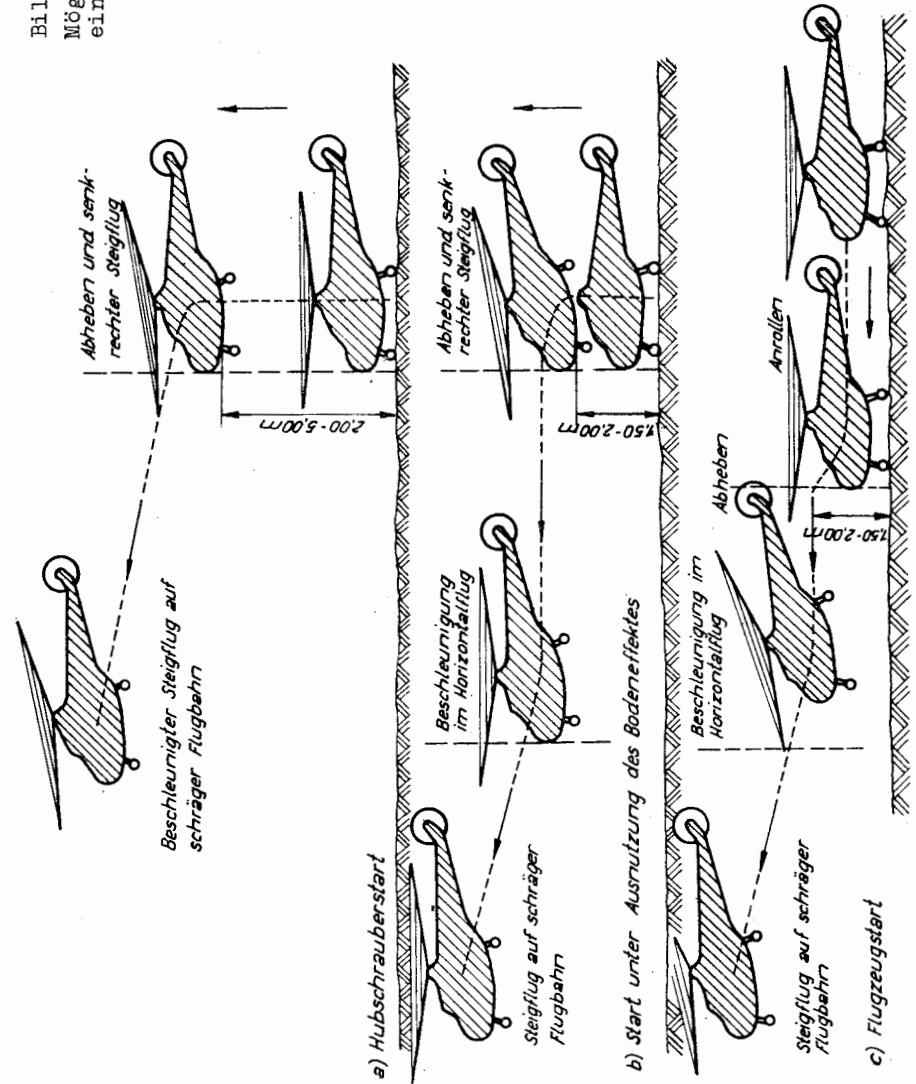
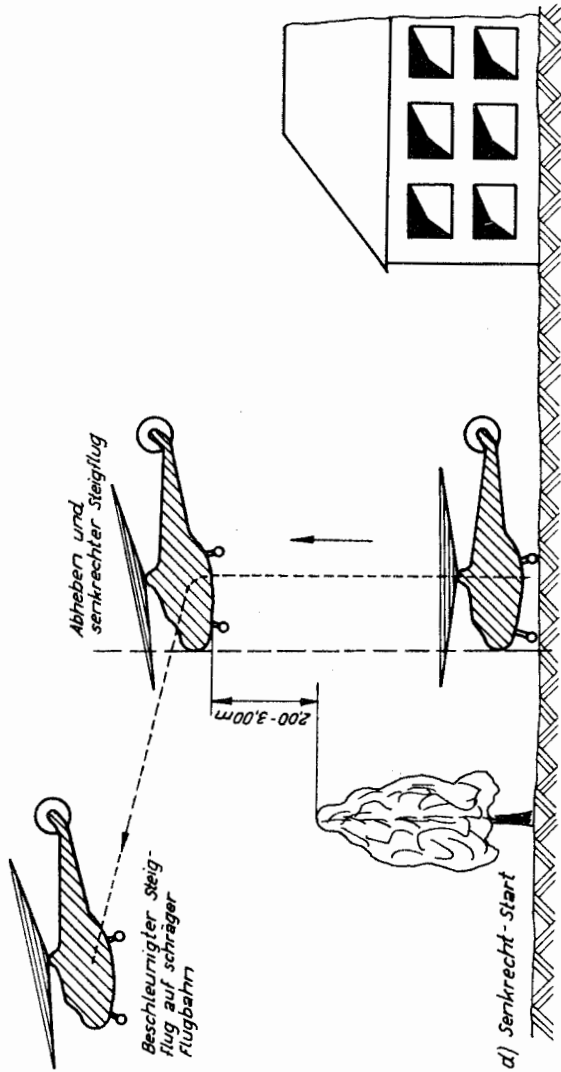


Bild 73 Strömung am Rotorblatt im Gleitflug bei Autorotation des Rotors

Bild 74
Mögliche Startarten
eines Hubschraubers





noch Bild 74

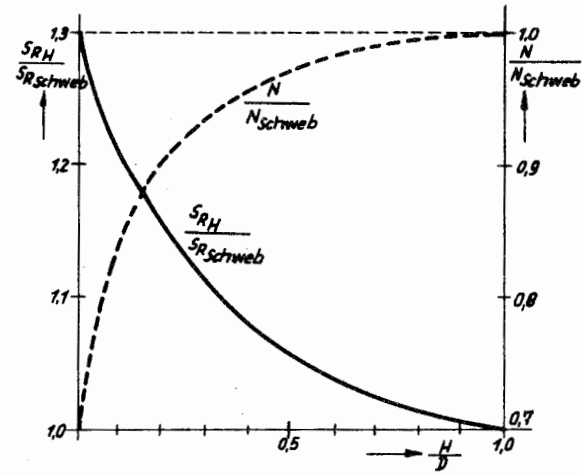


Bild 75
Einfluß des Bodeneffektes auf den Rotorschub bzw. die Triebwerksleistung mit zunehmender Schwebhöhe

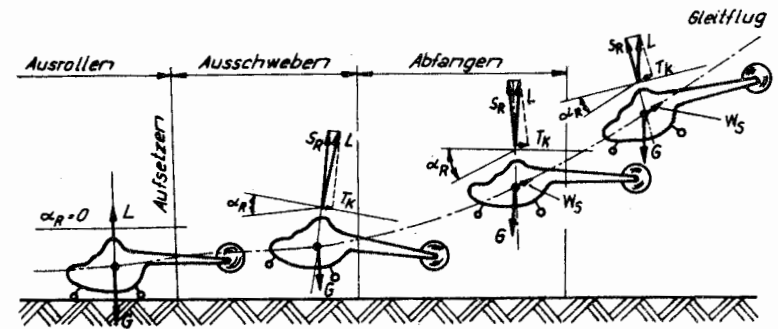


Bild 76 Flugzeuglandung des Hubschraubers

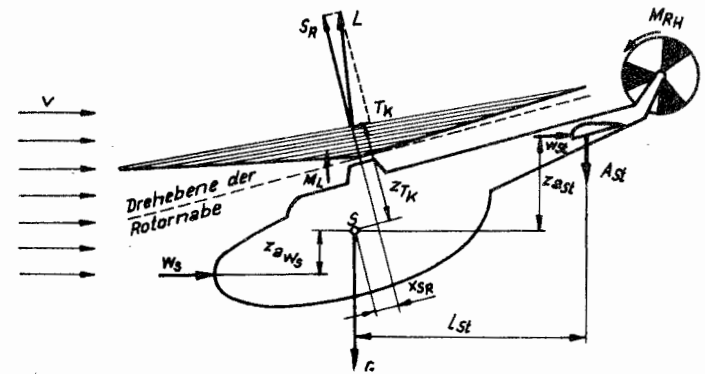


Bild 77 Längsgleichgewicht eines einrotorigen Hubschraubers im Horizontalflug

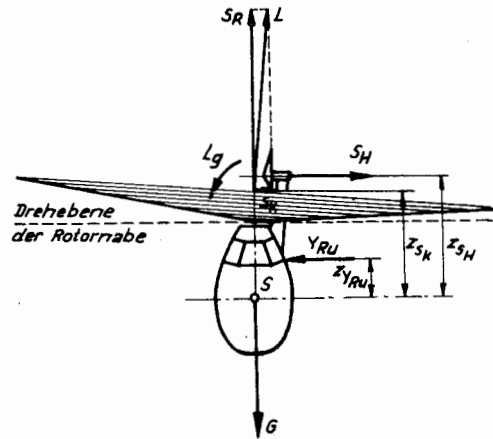


Bild 78 Quergleichgewicht eines einrotorigen Hubschraubers beim Schieben nach links

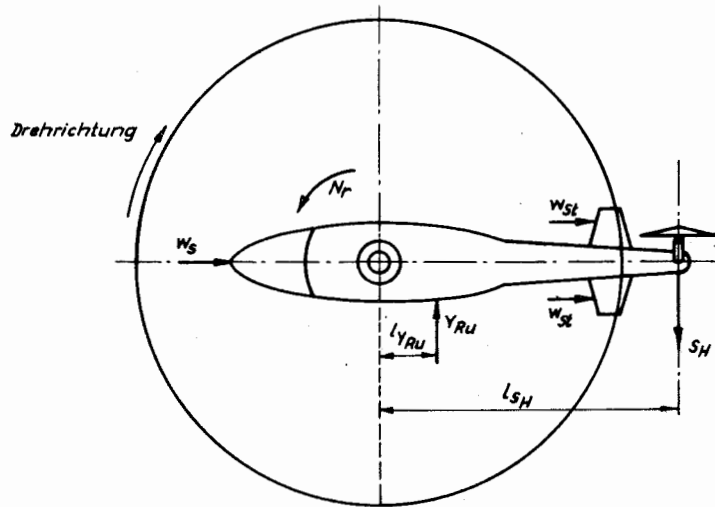


Bild 79 Richtungsgleichgewicht eines einrotorigen Hubschraubers im Horizontalflug

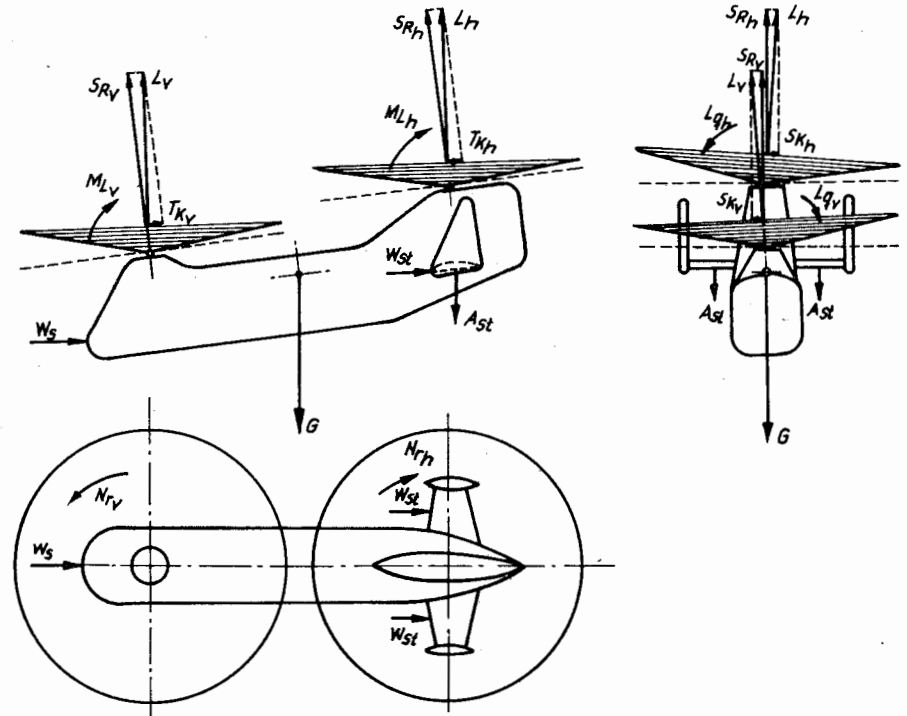


Bild 80 Gleichgewicht eines zweirotorigen Hubschraubers mit Tandemanordnung der Rotoren

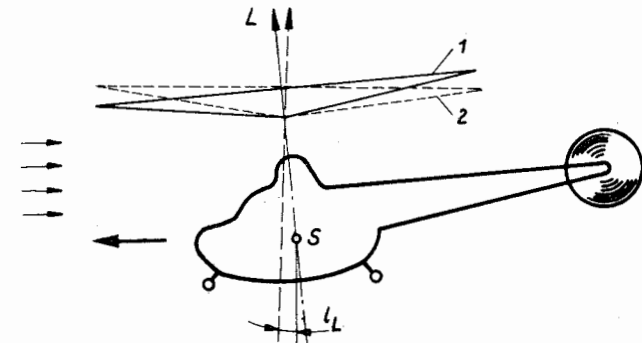


Bild 81 Einfluß der Horizontalfluggeschwindigkeit auf die Lage des Rotorblattdrehkegels
 1 = Lage des Drehkegels bei kleiner Geschwindigkeit
 2 = Lage des Drehkegels bei großer Geschwindigkeit

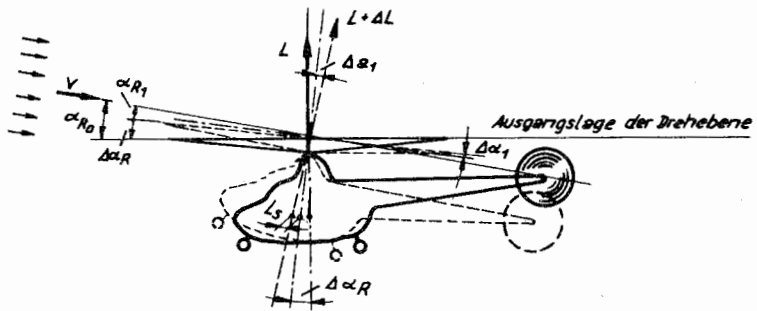
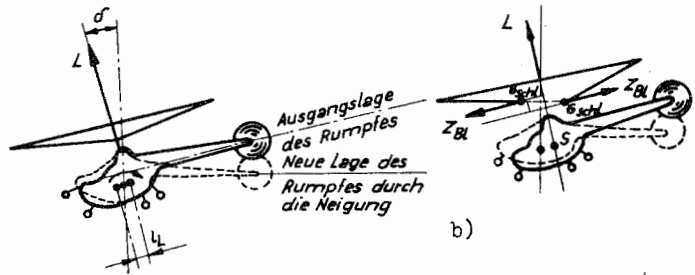


Bild 82 Einfluß des Luftfallwinkels α_R auf die Stabilität des Hubschraubers



a)
Bild 83
Dämpfung des Rotors

- a) = Dämpfungsmoment des Rotors
- b) = Fliehkraftmoment des Rotors

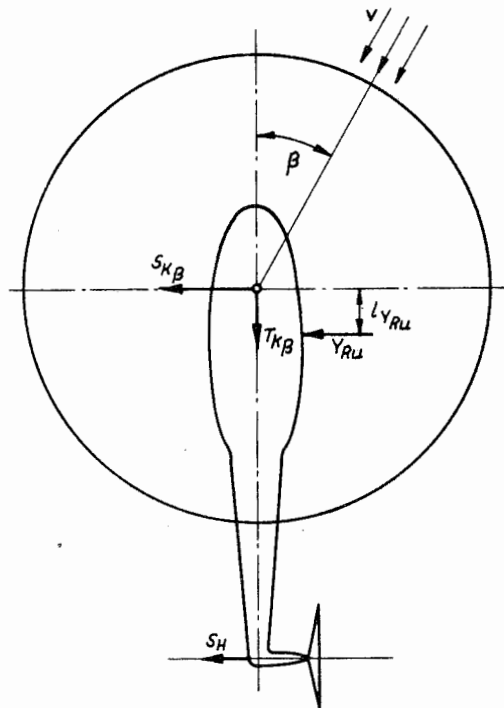


Bild 85
Kräfte am Hubschrauber bei seitlicher Anströmung

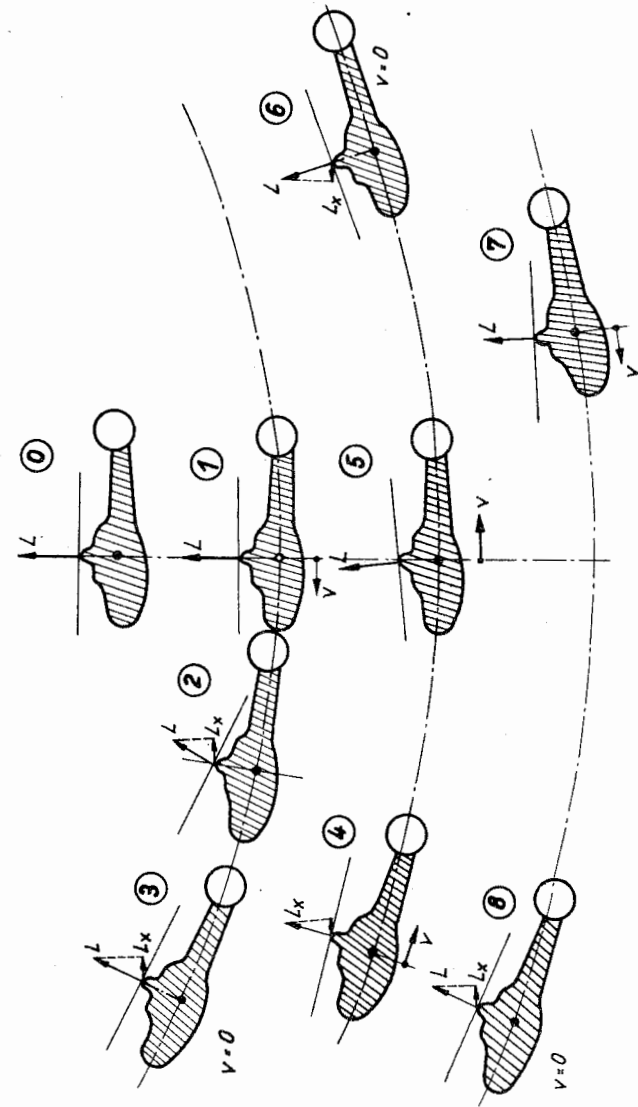


Bild 84 Schwingung des Hubschraubers im Schwebeflug

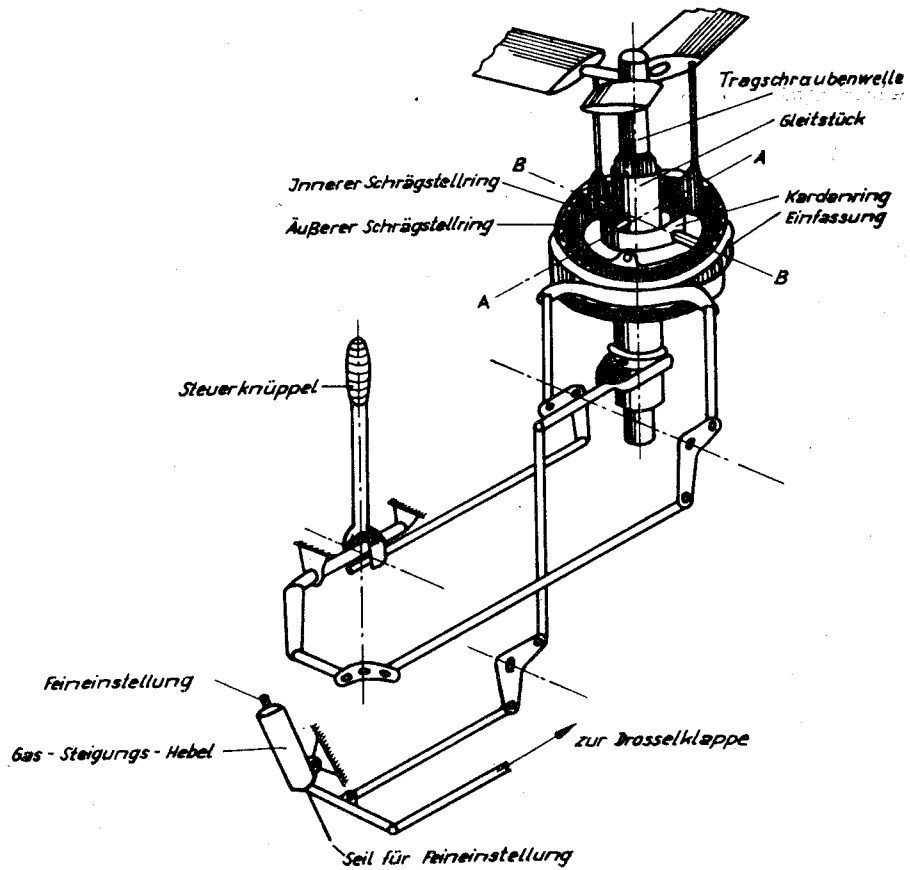


Bild 86 Schrägstellautomat

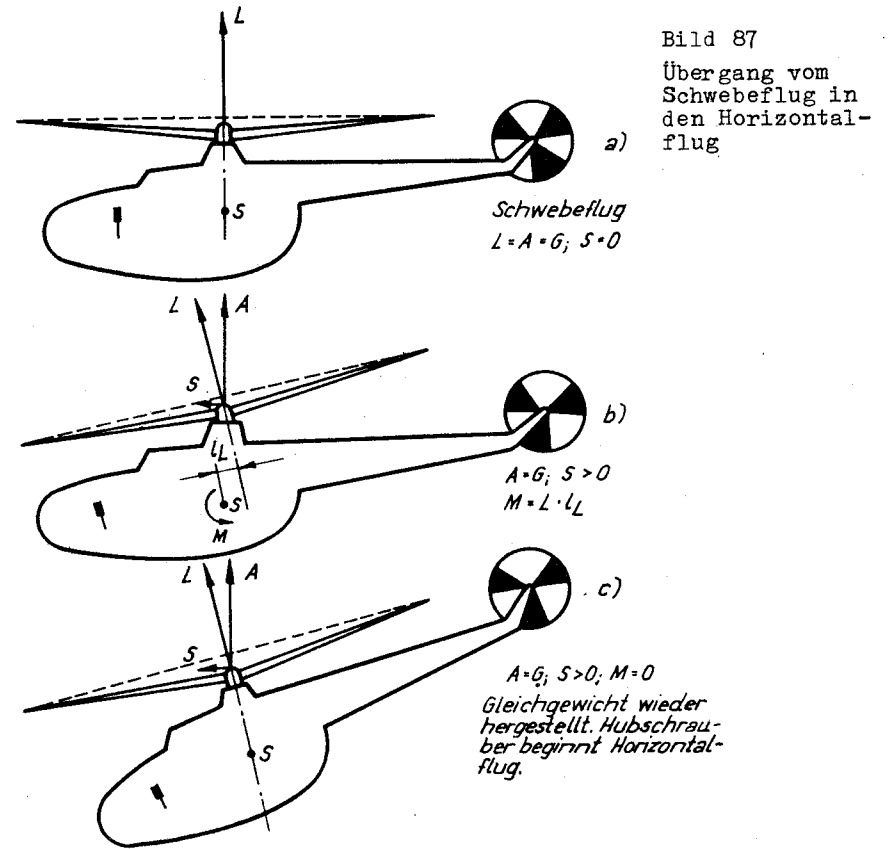
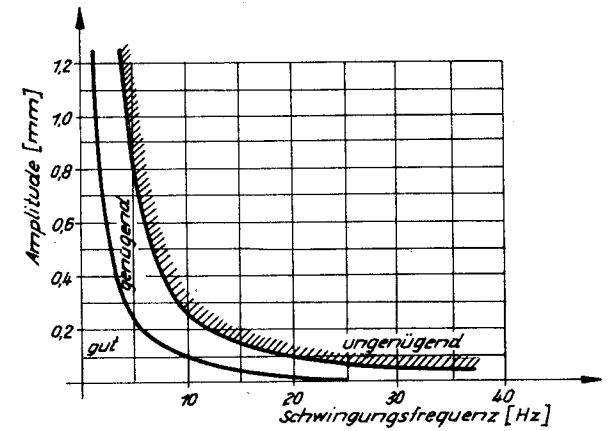


Bild 87
Übergang vom
Schwebeflug in
den Horizontal-
flug

Bild 88
Erträglichkeit von
Schwingungen für
den Menschen



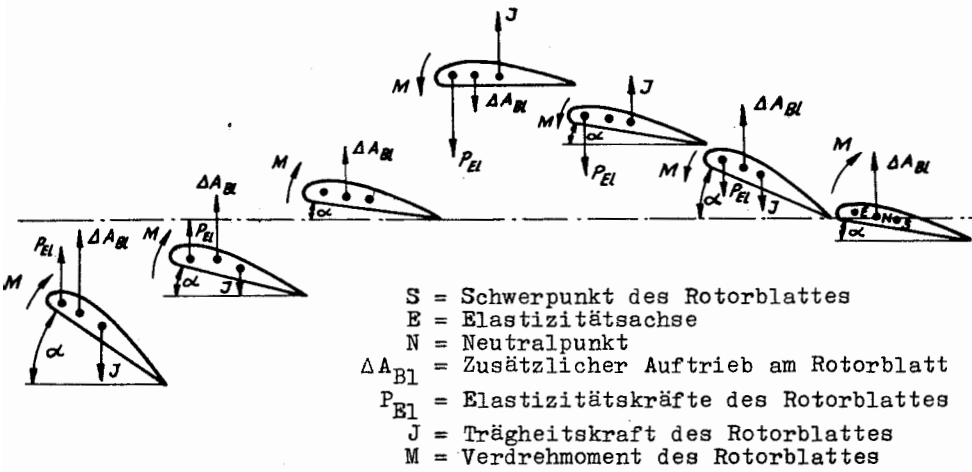
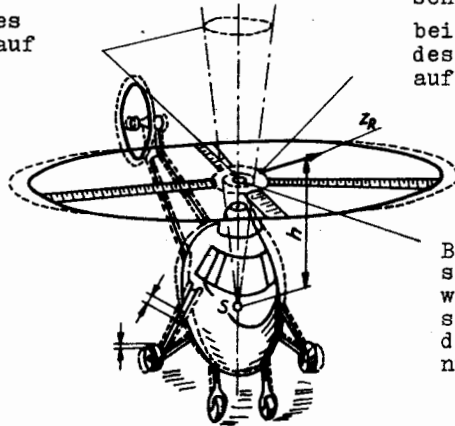


Bild 89 Flattern eines Rotorblattes



Bild 91 Fliegender Kran Mi - 10

Bewegungsspur der Rotorachse bei Schwingungen des Hubschraubers auf dem Fahrwerk



Bahn des Rotor-schwerpunktes S_R bei Schwingungen des Hubschraubers auf dem Fahrwerk

Bahn des Rotor-schwerpunktes, wenn der Hubschrauber auf dem Fahrwerk nicht schwingt

Bild 90 Schwingungen des Hubschraubers bei Bodenresonanz

Als Manuskript gedruckt.

Nur für das Fachschul-Fernstudium bestimmt.

Abgeschlossen am 30.5.1970

Druck: Leipziger Druckhaus III/18/203

Als Manuskript gedruckt.
Nur für das Fachschul-Fernstudium bestimmt.
Abgeschlossen am 30.5.1970
Druck: Leipziger Druckhaus III/18/203

Dipl.-Ing. GERO FITTER
Schwalbenweg 10
D-1100 Berlin
Tel. *43-30-6783636