

**Graupner**

# MECHANIK

## für BELL 212 Twin-Jet

### Einbauanleitung

von Helmut Bernhardt  
und Dr. Ing. Demuth

#### Technische Daten

**Antrieb:** Glühkerzenmotor HB 61  
STAMO, 9,97 ccm Hub-  
raum, mit Radial-Kühl-  
gebläse

**Getriebe:** ohne Ölbad, schmier-  
und wartungsfrei

**Über-  
setzung** Hauptrotorgetriebe  
9,928 : 1  
Heckrotorgetriebe  
2,5 : 1

Änderungen, die dem technischen  
Fortschritt dienen, vorbehalten!

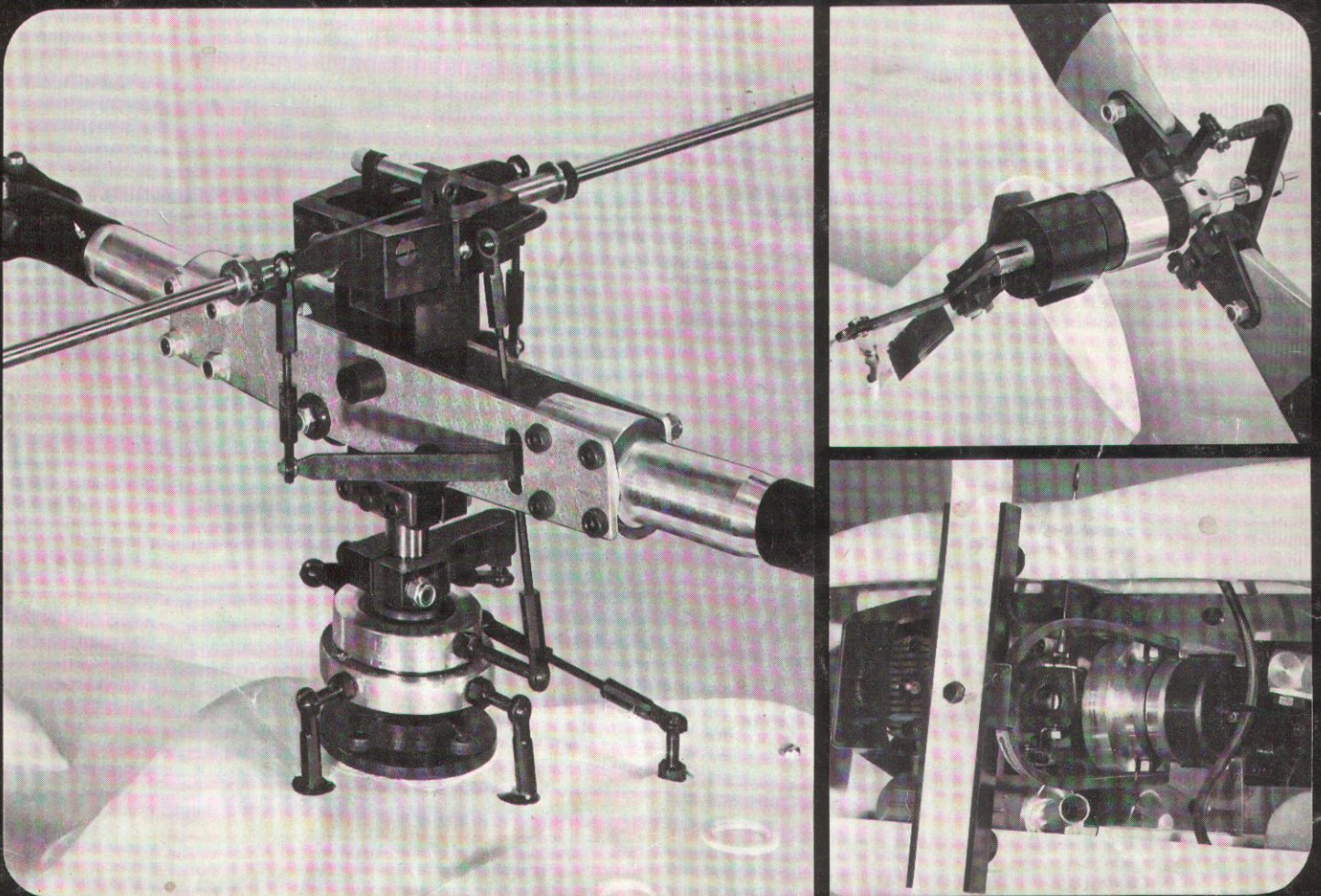
#### Inhalt Schnellbausatz MECHANIK

Vier **einbaufertig** montierte  
Baugruppen:

1. Antriebsaggregat
2. Rotorkopf mit **kollektiver**  
Blattverstellung
3. Hauptrotorwelle
4. Heckrotorgetriebe

In der Anleitung sind mehrere  
**Explosionszeichnungen** enthalten,  
sie leisten gute Dienste beim  
Studium der Anleitung. Eine davon  
ist in der Mitte eingeklebt, sie kann  
entnommen werden.

Für den Zusammenbau der ZELLE,  
Best.-Nr. 4600 ist eine gesonderte  
Bauanleitung vorhanden.



## Inhalt

1. Vorwort	Seite 3
2. Allgemeines	Seite 3
3. Hubschraubermodelle sind die hohe Schule des Flugmodellbaues	Seite 3
4. Besonders wichtige Hinweise	Seite 3
5. Technische Daten der MECHANIK	Seite 4
6. Einpassen der Antriebsmechanik in den Rumpf	Seite 4
7. Einbau des Antriebsaggregates	Seite 5
8. Einbau des Heckrotorgetriebes	Seite 5
9. Einbau der Hauptrotorwelle	Seite 6
10. Einbau des Pitchbetätigungsgestänges	Seite 6
11. Einbau der Taumelscheibe und des Mitnehmers	Seite 8
12. Montage des Rotorkopfes	Seite 8
13. Auswuchten des Hauptrotors	Seite 8
14. Montage der Steuerrotorblätter am Rotorkopf	Seite 9
15. Endjustagearbeiten	Seite 11
16. Probelauf	Seite 14
17. Wartung und Instandhaltung	Seite 15
18. Das Einfliegen	Seite 15
19. Flugmechanik des Hubschraubers	Seite 15
20. Funktionsbeschreibung der Steuerung	Seite 18
21. Stückliste MECHANIK	Seite 19
22. Ersatzteil-Baugruppen	Seite 20

## 1. Vorwort

Nach der technischen Vervollkommnung der Funk-Fernsteueranlagen und der Modellmotoren gelang es ab 1967 Hubschraubermodelle über Funksignale fernzusteuern und fliegerisch zu beherrschen. Da der mechanische Aufwand für ein Hubschraubermodell im Vergleich zum Flugmodell mit starrem Tragflügel sehr viel höher ist, konnten nur wenige Modellbauer mit eigener Feinmechanikerwerkstatt Hubschraubermodelle bauen.

Es wird bei einem Hubschraubermodell neben dem Rumpf und der Fernsteueranlage wie bei üblichen Flugmodellen, ein Hauptrotor und Heckrotor mit Lagerungen der umlaufenden Flügelblätter benötigt. Weiterhin ist eine Antriebsmechanik mit Verbrennungsmotor, automatischer Kupplung, ein kompliziertes Verteilergetriebe mit Antriebswellen für Hauptrotor und Heckrotor notwendig.

Mit dem vorliegenden Schnellbausatz MECHANIK für Modellhubschrauber werden die Schwierigkeiten und Fehlermöglichkeiten beim Nachbau wesentlich verringert. Denn die erforderliche Mechanik des Antriebes mit Motor, Kupplung und Hauptgetriebe, die Rotorwelle mit der Rotorblattsteuerung, der Hauptrotorkopf sowie das Heckrotorgetriebe sind vollständig montierte, geprüfte und justierte Baueinheiten.

Nur mit Sorgfalt gebaute, unter genauer Beachtung der Bauanleitung und nicht nach eigenem Gutdünken geänderte Hubschraubermodelle „Bell 212 Twin Jet“ werden erfolgreich ferngesteuert fliegen und dem Erbauer die verdiente Anerkennung der Zuschauer und anderer Modellbauer einbringen.

## 2. Allgemeines

Die Abbildungen auf dem Verpackungskarton stellen ein Demonstrations-Schnittmodell des RC Hubschraubers BELL 212 TWIN JET dar. In dem Schnittmodell weicht die Anordnung der einzelnen Baugruppen, um die Funktionen deutlicher sichtbar zu machen, vom vorgeschriebenen Einbau ab.

Maßgebend für den Einbau der MECHANIK und der RC Baugruppen sind die Darstellungen und Angaben auf dem Bauplan des Schnellbaukastens ZELLE, Best.-Nr. 4600.

Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen (z. B. Rotorblatt-Halterung usw.) vorbehalten.

Der Schnellbausatz MECHANIK ist speziell abgestimmt auf den Einbau in die ZELLE des RC Hubschraubers BELL 212 TWIN JET, Schnellbaukasten Best.-Nr. 4600.

Der Schnellbausatz MECHANIK kann aber auch für andere RC Modellhubschrauber-Typen Verwendung finden. Dann muß der Einbau der MECHANIK nach eigenem Ermessen erfolgen, wobei jedoch unbedingt die **notwendigen Sicherheitsvorschriften** zu beachten sind. Um das beste Resultat zu erzielen, empfiehlt sich ausdrücklich die Verwendung des Bausatzes Best.-Nr. 4600.

Der Einbau der MECHANIK erfolgt gleichzeitig während des Baues der ZELLE, Best.-Nr. 4600. Es ist daher unumgänglich, zum Einbau der MECHANIK auch die Anleitung zum Bau der ZELLE aufmerksam zu lesen.

Ein besonderer Plan zum Einbau der MECHANIK ist nicht notwendig, es genügen die in der Bauanleitung MECHANIK enthaltenen Abbildungen und Explosionsdarstellungen. Im Plan ZELLE ist in der Seitenansicht der Einbau der MECHANIK in ihren Umrissen gestrichelt dargestellt.

Wenn im Laufe der Bauanleitung das Symbol **Z** am Rand neben dem Text steht, dann ist das ein Hinweis darauf, daß vor weiterem Einbau der MECHANIK erst Teile der ZELLE eingepaßt bzw. eingeklebt werden müssen. Es kann aber auch sein, daß andere Arbeiten an der Zelle notwendig sind; bzw. es wird auf Positionen im Plan ZELLE hingewiesen. Stehen Negativnummern am Seitenrand der Anleitung, z. B. **7**, dann wird damit auf den mit gleicher Nummer versehenen Beutel im Schnellbaukasten ZELLE, Best.-Nr. 4600 aufmerksam gemacht. Der betreffende Beutel hat mit als Inhalt die an dieser Stelle aufgeführten Kleinteile. Stehen am Seitenrand Negativbuchstaben, z. B. **B**, dann handelt es sich um Beutel mit Kleinteilen, die dem **Schnellbausatz MECHANIK** beiliegen.

### Anmerkung zu den Abbildungen:

Eventuelle Texte in den Abbildungen sind mit eingekreisten Nummern versehen. Diese Numerierung erleichtert das Auffinden der zugeordneten Texte in der jeweiligen fremdsprachigen Anleitung.

## 2.1. Weitere Vorbemerkungen zum Bausatz MECHANIK

Die im Bausatz befindliche MECHANIK nur so weit zerlegen, wie in der Bauanleitung angegeben.

Nur dann Schrauben lösen, wenn es in der Bauanleitung für die durchzuführenden Arbeiten vorgeschrieben ist.

**Auf keinen Fall die Befestigungsschrauben/Muttern (47) der Blatthalter mit dem Sechskantschlüssel lösen! Diese Schrauben/Muttern nehmen die Fliehkräfte auf und müssen fest angezogen sein.**

Erst sich anhand der Bauanleitung und der MECHANIK überzeugen, welche der Schrauben und Teile angezogen, geöffnet und montiert werden sollten, bevor eine unnötig zu öffnende Schraubenverbindung gelöst wird.

## 2.2. Behandlung der Kugelgelenke

Die Kunststoffteile der Kugelgelenköpfe sind aus hochwertigem Kunststoff sehr genau und sorgfältig hergestellt. Sie sollten im Bedarfsfall nur durch zweiseitiges Anfassen des Ringteiles von den Kugeln abgezogen werden.

Die Einschraubtiefe der Gewindestange in das Kunststoffteil darf für eine sichere Verbindung nicht mehr als 11,0 mm, jedoch auch nicht weniger als 5,0 mm betragen.

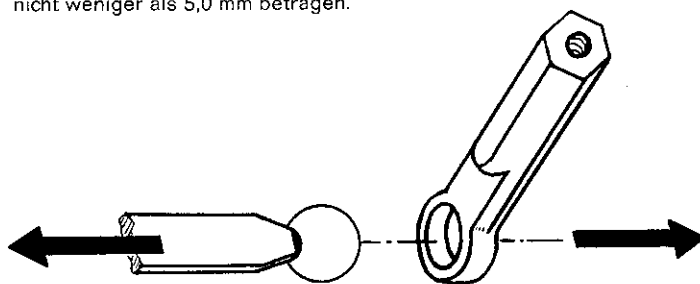


Abb. 1

## 3. Hubschraubermodelle sind die hohe Schule des Flugmodellbaus

Folgende Punkte sind streng zu beachten:

### 3.1.

**Nur sorgfältiges, genaues Bauen nach Bauanleitung bringt den gewünschten Erfolg.**

### 3.2.

**Nachlässigkeit, Bau- und Montagefehler können für den Piloten, wie für Zuschauer lebensgefährlich werden! Die Blattspitzen des Hauptrotors laufen mit bis zu 400 km/h um, die Fliehkraft jedes Blattes am Rotorkopf kann bis 130 kp (= Gewicht von zwei Erwachsenen!) betragen.**

### 3.3.

**Keine beschädigten, verbogenen oder wieder geradegerichteten Teile im Interesse der eigenen Sicherheit weiter verwenden.**

### 3.4.

**Nur Original-Ersatzteile, vor allem nur Original-Schrauben und Rotorblätter, verwenden.**

### 3.5.

**Die Vorschriften zur Wartung des Hubschraubermodells sind einzuhalten.**

### 3.6.

**Nur im Original-Ersatzteil gelieferte Kugellager im Bedarfsfall austauschen. Die Kugellager sind im Lagerspiel, der Schmierstoffart, der Abdichtung, der Käfigart und der Kugelzahl speziell für den Modellhubschrauber ausgesuchte Kugellager.**

## 4. Besonders wichtige Hinweise

Es kann nicht eindringlich genug auf Folgendes hingewiesen werden. Beim Fliegen des RC-Hubschraubermodells soll man unbedingt die aufgeführten Punkte beachten.

### 4.1.

**Das Fliegen des RC-Hubschraubermodells BELL 212 TWIN JET in Wohngebieten, über Personen und Menschenansammlungen ist zu unterlassen.**

### 4.2.

**Im eigenen Interesse ist es empfehlenswert, eine Luftfahrt-Haftpflichtversicherung abzuschließen. Auskünfte erteilen die Versicherungsgesellschaften.**

#### 4.3.

In den technischen Daten des Modells ist das mögliche Startgewicht mit max. ca. 7000 g angegeben. Wer dieses Startgewicht ausnützen will, überschreitet die 5 kg Grenze für Flugmodelle und **muß** eine Genehmigung für Starts und Landungen von der zuständigen Luftfahrtbehörde einholen.

#### 4.4. Anmerkung:

Eine Zusammenfassung der wichtigsten Punkte zu diesem Themenbereich ist in der Broschüre von Berthold Petersen MODELLFLUG und LUFTRECHT enthalten.

Verlag Johannes Graupner 7312 Kirchheim/Teck

Es besteht die Möglichkeit, diese Broschüre beim Modellbau-Fachhandel einzusehen.

## 5. Technische Daten

der MECHANIK für den RC-Modellhubschrauber BELL 212 TWIN JET

Übersetzung Hauptrotorgetriebe	9,928 : 1 ohne Ölbad, schmier- und wartungsfrei
-----------------------------------	---

Übersetzung Heckrotorgetriebe	2,5 : 1
Antrieb	Glühkerzenmotor HB 61 STAMO mit Radialkühlgebläse

## 6. Einpassen der Antriebsmechanik in den Rumpf

**Z** Nach der Bauanleitung ZELLE ist der Zusammenbau der ZELLE bis zur Seite 12 der Anleitung vollzogen.

**Bitte, alle erledigten Punkte der Bauanleitung abhaken, damit nichts vergessen oder übersehen wird. Die Bauanleitung als Prüfprotokoll nehmen.**

### 6.10. Vorbereitende Arbeiten zum Einpassen

#### 6.11.

Vor dem Auspacken der MECHANIK die Werkstatt und den Arbeitsplatz aufräumen und Staub entfernen. Sonst könnten Schleifstaub oder Schmutz in die MECHANIK oder den Motor gelangen.

#### 6.12.

Den Auspuff vom Motor abschrauben.

#### 6.13.

Die Auspuff- und Ansaugöffnung des Vergasers am Motor mit Klebeband (z. B. Tesaband) staubdicht abkleben.

#### 6.14.

Das große Kunststoffzahnrad (4) abnehmen. Dazu folgendermaßen vorgehen:

##### 6.14.1.

Zuerst die M 3 x 8 Inbusschraube (1) über der Welle der Andruckrolle (2) lösen.

##### 6.14.2.

Dann die Andruckwelle (2) aus den Lagerkörpern der Zwischenwelle (3) ziehen.

##### 6.14.3.

Das große Kunststoffzahnrad (4) kann nun abgenommen werden.

##### 6.14.4.

Weiter wird die im Zahnrad befindliche Aluminiumwelle entfernt. Diese Welle ist nicht mehr notwendig.

##### 6.14.5.

Sorgfältig das auf der Aluminiumwelle steckende Aluminiumrohr (5) aufheben. Dieses Aluminiumrohr wird später noch benötigt.

### 6.20. Einpassen der MECHANIK

#### 6.21.

**Z** Nun das Antriebsaggregat in den Maschinenraum des Hubschraubers legen wie im Plan, Seitenansicht, gestrichelt dargestellt. Darauf achten, daß der Motor auch später hängend einzubauen ist.

#### 6.22.

Die Lagerplatine (6/7) des Antriebsaggregates sollte bündig mit dem vorderen Spantabschluß des in den Rumpf eingeleimten Fundamentes sein. Auch seitlich sollte sie bündig auf den Versteifungen (114) sitzen.

#### 6.23.

Die je 5 Löcher für die Befestigungsschrauben auf jeder Seite mit spitzem Bleistift anzeichnen.

#### 6.24.

Die MECHANIK wieder herausnehmen und die Mittelpunkte der Löcher ankönnen.

#### 6.25.

An den angekönnerten Stellen sind mit dem beigefügten überlangen Bohrer Löcher für M 4-Einschlagmutter (163) zu bohren.

**Achtung!** Das Antriebsaggregat dabei nicht als Bohrschablone verwenden.

#### 6.26.

Die 10 Stück Einschlagmutter M 4 durch die Fingeröffnungen der beiden Längsspannte (112/113) einführen und mit UHU-plus „endfest 300“ festkleben.

#### 6.27.

Fingerlöcher an den senkrechten Längsträgern mit dickerem Japanpapier bespannen und das Papier später mit Spannlack ölfest lackieren.

#### 6.28.

Antriebsmechanik einsetzen und einschrauben. Schrauben M 4 x 20 und Zahnscheiben verwenden.

#### 6.29.

Dann die Düsenadel verlängern. Dies ist auch in der Betriebsanleitung Motor ausführlich beschrieben. Einen Stahldraht von 1,0 mm Ø unter Benutzung des im Motorzubehör liegenden Messingdrehteiles als Lötfitting auf die Düsenadel löten.

### 6.30. Einpassen der Hauptrotorwelle

#### 6.30.1.

Von der Hauptrotorwelle (8) alle aufgesteckten Teile abnehmen und staubgeschützt (Plastikbeutel) aufbewahren.

#### 6.30.2.

Hauptrotorwelle (8) in das Lager (9) des Antriebsaggregates einstecken und durch das obere Loch von 12 mm Ø im Rumpf herausragen lassen.

#### 6.30.3.

Die Lage der Hauptrotorwelle in dem oberen Loch von 12 mm Ø im Rumpf prüfen. Die Welle soll zentrisch durch das Loch gehen. Liegt die Rotorwelle an einer Seite des Loches an, so kann das Loch bis zu max. 2,0 mm oval erweitert werden.

Wird das Kugellager des Rotorwellenlagers auf dem Antriebsaggregat beim Einführen der Rotorwelle in das obere Loch von 12 mm Ø im Rumpf verspannt, so liegt ein Baufehler vor.

Folgende Punkte sind zu prüfen:

Lage des Loches oben im Rumpf zu der hinteren Bezugskante.

Genauigkeit der Lage des Holzeinbaues im Rumpf.

#### Achtung!

**Es ist falsch und unzulässig, das Aggregat durch Unterlegen von Holzstreifen auszurichten.** Dies führt zur Beschädigung der MECHANIK durch Verdrehen der Bauteile zueinander. Außerdem entstehen dadurch Vibrationen im Betrieb, die das Modell, die Fernlenkanlage und die MECHANIK in kürzester Zeit außer Funktion setzen.

Die Antriebsmechanik muß überall spannungsfrei und satt auf dem Fundament aufliegen!

#### 6.30.4.

Oberes Rotorwellenlager (10) abheben und auf der Unterseite mit Tesafilm bekleben.

#### 6.30.5.

Mit UHU-plus „endfest 300“ eine Leimraupe **um** das obere Rumpfloch für die Hauptrotorwelle legen. Der Klebstoff darf nicht in das Loch laufen. Bohrungen im Lager (10) mit Tesafilm abdecken.

#### 6.30.6.

Oberes Rotorwellenlager (10) auf die Hauptrotorwelle aufschieben und auf Leimraupe drücken. Es entsteht ein Fundament für Teil (10).

#### 6.30.7.

Die Rotorwelle ist spannungsfrei auszurichten, das Leimfundament für das Rotorwellenlager aushärten lassen.

#### 6.30.8.

Danach die Lage der Befestigungslöcher des oberen Rotorwellenlagers (10) anzeichnen.

#### 6.30.9.

Oberes Rotorwellenlager (10) von der Hauptrotorwelle (8) abnehmen.

#### 6.30.10.

Die 4 Löcher für M 3-Einschlagmutter mit 4 mm Ø bohren.

#### 6.30.11.

Die 4 Einschlagmutter M 3 (164) mit UHU-plus „endfest 300“ einkleben.

#### 6.30.12.

Oberes Lager der Hauptrotorwelle mit Inbusschrauben M 3 x 8 festschrauben.

### 6.30.13.

Rotorwelle ausbauen und weglegen.

## 6.40. Einpassen der Heckrotorantriebswelle

### 6.41.

**Z** Stahldraht (165) als Heckrotorantriebswelle vom Rumpfe her in das Führungsrohr (161) einführen und in die Bohrung der Kupplungsmuffe (11) am Antriebsaggregat bis zum Anschlag einstecken.

### 6.42.

Die 6 Inbus-Gewindestifte M 3 x 3 (4) an der Kupplungsmuffe (11) zunächst nur **leicht** anziehen.

### 6.43.

Prüfen, ob die Zwischenwelle des Antriebsaggregates mit der angekuppelten Heckrotorantriebswelle zusammen leicht läuft. Auch den schlagfreien Lauf der Welle kontrollieren.

### 6.44.

**Z** Das Rohrende des Führungsrohres (161) auf der Antriebsaggregatseite im Spant (115) so ausrichten, daß die Heckrotorantriebswelle (165) zwangsfrei läuft.

### 6.45.

**Z** Rohrende des Führungsrohres (161) endgültig festkleben.

### 6.46.

Kupplungsmuffe (11) durch Lösen der 4 Inbusschrauben M 3 x 3 (4) am dickeren Durchmesser der Kupplungsmuffe von der Zwischenwelle des Antriebsaggregates zusammen mit der noch festgeklemmten Heckrotorantriebswelle ausbauen und weglegen.

## 6.50. Einpassen des Heckrotorgetriebes

(Endgültiger Einbau erfolgt nach dem Anleimen der Endleiste des Seitenleitwerkes.) Die vier Löcher für die Befestigungsschrauben des Heckrotorgetriebes bohren.

**Z**

### 6.50.1.

Getriebe auf die Versteifung (149) genau rechtwinklig zu der Hoch- und Längsachse des Modelles ausrichten und mit 4 Blechtreiberschrauben festschrauben.

**D**

### 6.50.2.

**Z** Heckrotorantriebswelle (165) von der Antriebsaggregatseite her einschieben und in die Kupplungsmuffe (12) des Heckrotorgetriebes einfädeln und bis zum Anschlag einschieben.

### 6.50.3.

Heckrotorantriebswelle zunächst nur leicht mit den 6 Inbusschrauben M 3 x 3 (4) festklemmen.

### 6.50.4.

Schlagfreien Lauf der Welle überprüfen.

**Z**

### 6.50.5.

Das Ende des Führungsrohres (161) so ausrichten, daß die Heckrotorantriebswelle (165) zwangsfrei läuft.

### 6.50.6.

Das Rohrende des Führungsrohres endgültig festkleben.

### 6.50.7.

Heckrotorantriebswelle ausbauen.

### 6.50.8.

Heckrotorgetriebe entfernen.

### 6.50.9.

Antriebsaggregat mit Motor aus dem Maschinenraum herausnehmen.

### 6.50.10.

Oberes Hauptrotorwellenlager abschrauben.

### 6.50.11.

Alle Teile staubdicht verpacken, weglegen.

**Z**

### 6.50.12.

Der Weiterbau am Rumpf, siehe Bauanleitung Zelle, Seite 12, 13.

## 7. Einbau des Antriebsaggregates

### 7.1.

Oberes Hauptrotorwellenlager einbauen.

### 7.2.

Antriebsaggregat mit Motor einbauen.

### 7.3.

Gasgestänge einbauen und probieren ob Leerlauf und Vollgasstellung des Vergasers korrekt erreicht wird.

### Achtung!

Die Vergaserbetätigung muß leichtgängig sein, sonst erfolgt Überlastung des Servos, da dieses Servo auch die kollektive Blattverstellung am Rotorkopf vornimmt.

**Wichtiger Hinweis:** Bei der Montage aller Gestänge ist sorgfältig darauf zu achten, daß sie leichtgängig montiert werden und i h r e n

vollen steuerbaren Weg einschließlich Trimmweg ausführen können, also keineswegs mechanisch begrenzt werden.

Besonders wichtig ist diese Forderung für die Betätigung der Motordrossel. Die beiden Endstellungen „Vollgas“ und „Leerlauf“ müssen durch die Knüppelstellung des Senders und dürfen keineswegs durch mechanischen Anschlag der Drosselvorrichtung bestimmt werden, andernfalls steht der Motor der Rudermaschine während des Fluges ständig unter Vollast, verbraucht hohen Strom und entleert die Stromquelle schnell. Aus dem daraus resultierenden starken Spannungsabfall sind Funktionsstörungen der gesamten Anlage möglich.

Sämtliche Gewindebuchsen sind in den Gabelköpfen gegen Verdrehen zu sichern (kleben oder löten).

### 7.4.

Leichtgängigkeit der Zwischenwelle am Antriebsaggregat prüfen.

### 7.5.

Auspuff am Motor, nach Abnehmen der Anklebestreifen am Auspuffstutzen, festschrauben.

### 7.6.

Düsennadel einsetzen.

## 8. Einbau des Heckrotorgetriebes

### 8.1.

Das Heckrotorgetriebe wieder einbauen und festschrauben. Die Kupplungsmuffe (12) ist dabei **noch nicht** auf die Antriebswelle aufgesteckt.

### 8.2.

Die rechtwinklige Lage der Antriebswelle zu der Hoch- und Längsachse des Hubschraubers genau kontrollieren. Die Lage könnte sich durch den Einbau der Endleiste des Seitenleitwerkes verändert haben.

### 8.3.

Kupplungsmuffe (12) von der Heckrotorantriebswelle (165) abnehmen.

### 8.4.

Heckrotorantriebswelle von der Antriebsaggregatseite aus in das Führungsrohr bis zum Anschlag an die 3,0 mm Ø Antriebswelle des Heckrotors einschieben.

### 8.5.

Heckrotorantriebswelle nun evtl. so ablängen, daß ca. 1,0 mm Spiel zwischen Heckrotorantriebswelle und dem Ende der Zwischenwelle des Antriebsaggregates vorhanden ist.

### 8.6.

Heckrotorgetriebe wieder ausbauen und durch Aufstecken der Kupplungsmuffe (12) die Heckrotorantriebswelle mit dem Heckrotorgetriebe verbinden. Darauf achten, daß die Heckrotorantriebswelle mit der Getriebewelle des Heckrotors ganz zusammenstößt.

### 8.7.

Die 10 Gewindestifte der Kupplungsmuffe (12) zunächst leicht und dann fest anziehen.

### 8.8.

Nun die Heckrotorantriebswelle zusammen mit dem Heckrotorgetriebe von hinten in das Führungsrohr der Heckrotorantriebswelle schieben.

### 8.9.

Das Heckrotorgetriebe mit 4 Blechtreiberschrauben 2,2 Ø x 13 mm und mit Unterlegscheiben endgültig befestigen.

### 8.10.

Kontrollieren, ob die Heckrotorantriebswelle nicht an die Zwischenwelle des Antriebsaggregates anstößt. Die Heckrotorantriebswelle mit der Zwischenwelle befestigen, indem die Heckrotorantriebswelle einige Millimeter weggezogen wird, um die Kupplungsmuffe (11) erst auf die Heckrotorantriebswelle und anschließend auf die Zwischenwelle zu schieben.

**ACHTUNG!** Wenn sich durch eventuelle Differenzen beim Zusammenbau die Heckrotorantriebswelle (165) **nicht** in der beschriebenen Weise einbauen läßt, dann diese innerhalb des Führungsrohres (161) so verschieben, daß sie in den beiden Kupplungsmuffen (11) und (12) **unbedingt** von den jeweils 6 Gewindestiften erfaßt und gehalten wird.

### 8.11.

Zunächst die 10 Gewindestifte der Kupplungsmuffe an der Zwischenwelle nur leicht und dann **alle** fest anziehen.

### 8.12.

Den leichten und schlagfreien Lauf der Heckrotorantriebswelle durch Drehen der Welle von der Antriebsaggregatseite aus prüfen. Die Welle muß ruckfrei laufen. Läuft die Welle ruckartig, so ist der als Heckrotorantriebswelle dienende Federstahldraht verbogen.



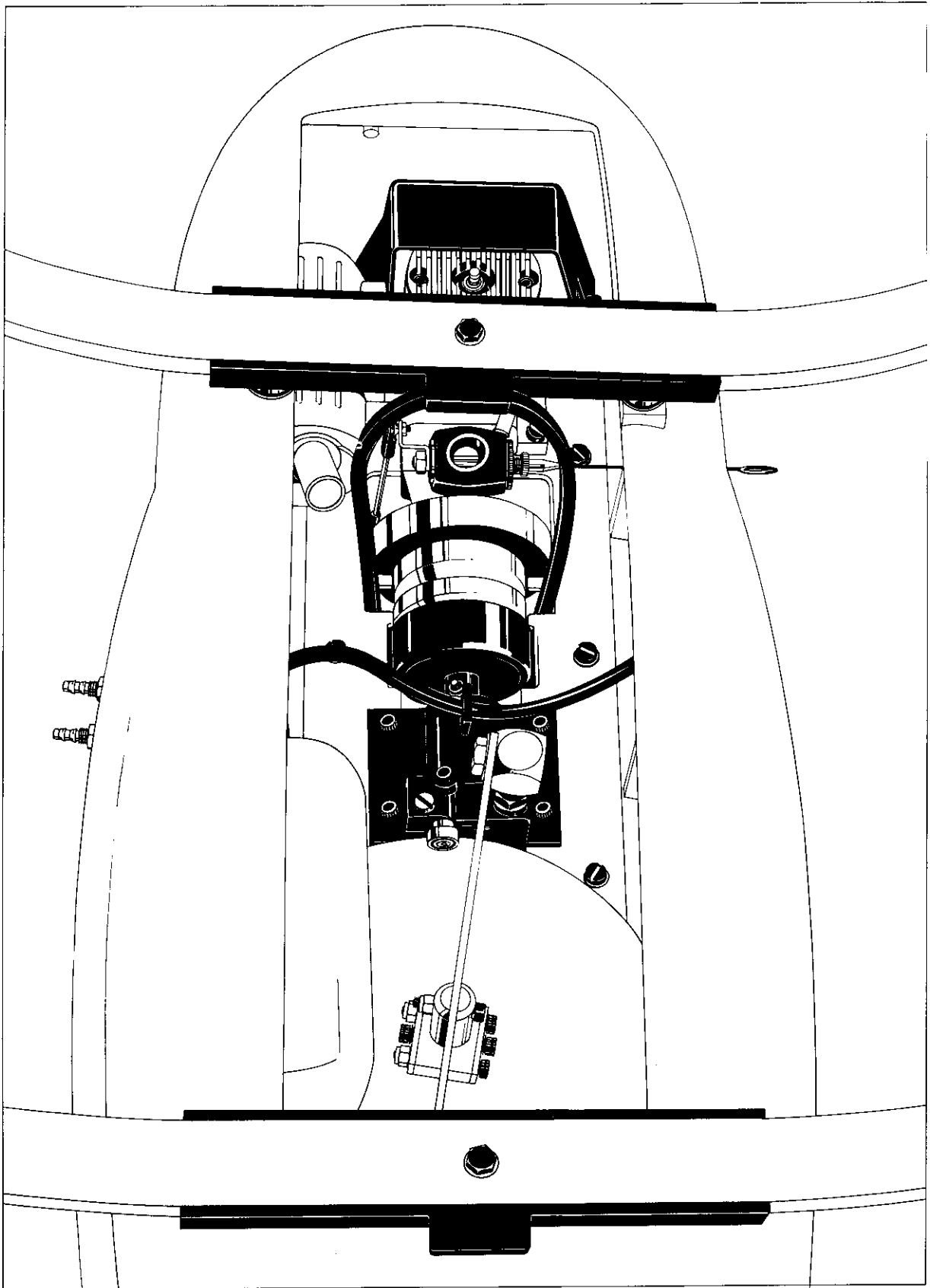


Abb. 3 Das eingebaute Antriebsaggregat.  
Ansicht von Rumpf-Unterseite.

## 11. Einbau der Taumelscheibe und des Mitnehmers

- 11.1.  
Die Taumelscheibe (24) von oben auf die Hauptrotorwelle schieben.
- 11.2.  
Als nächstes den Mitnehmerhebel (25) auf die Hauptrotorwelle (8) schieben.
- 11.3.  
Mit der Klemmschraube M 3 x 25 und STOP-Mutter den Mitnehmerhebel (25) zunächst nur ganz leicht festklemmen. Später bei der Justage der Steuerkinematik und des Rotorkopfes wird diese Schraube festgezogen.

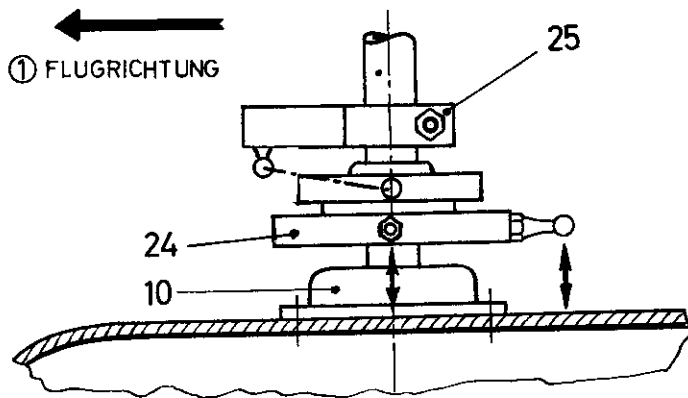


Abb. 5

## 12. Montage des Rotorkopfes

### 12.1. Montage der Hauptrotorblätter

**Z** Die Fertigstellung der Hauptrotorblätter siehe Abschnitt 4.1. Bauanleitung ZELLE. Die bereits lackierten, bespannten und ausgewogenen Hauptrotorblätter in die Blatthalter (26) einstecken. Wenn der Hinweis auf sparsamsten Lackauftrag und Nachschleifen des Rotorblattes bei der Rotorblattherstellung Beachtung fand, dann passen die Rotorblätter genau in die Taschen der Rotorblatthalter. Den genauen und guten Paßsitz der Rotorblätter in den Taschen des Rotorblatthalters sorgfältig und gewissenhaft kontrollieren.

12.2.  
3 Inbusschrauben M 3 x 18 so durch die Löcher am Blatthalter einstecken, daß die M 3-STOP-Muttern auf der Oberseite sind.

12.3.  
Schrauben vorerst nur leicht anziehen.

12.4.  
Kontrollieren, ob die Rotorblätter sich genau um 180° gegenüber stehen. Dies ist außerordentlich wichtig für einen ruhigen Lauf des Hauptrotors. (Siehe Abb. 6)

Zur Prüfung einen Faden von Rotorblattende zu Rotorblattende spannen, jeweils 13,5 mm von Blattvorderkante entfernt. Der Faden muß genau in der Mitte des oberen Verbindungsbolzens vom Zentralstück (34) verlaufen.

## 13. Auswuchten des Hauptrotors

13.1.  
Prüfen, ob das Zentralstück (34) des Rotorkopfes genau rechtwinklig zu der Oberkante des Brückenträgers (37) im Rotorkopf ist. Durch Verschieben der Andruckrollen (46) ist ein Ausrichten möglich.

**Z** 13.2.  
Eine Vorrichtung aus Sperrholz (ca. 2,0 mm) nach der folgenden Maß-Skizze Abb. 7 bauen. Holzteile hierfür sind im Baukasten ZELLE, Best.-Nr. 4600 enthalten.

13.3.  
Den Rotorkopf mit angeschraubten Hauptrotorblättern und Zentralstück (34) in die Vorrichtung legen. Der Rotorkopf ist nun über die seitlichen Zapfen am Zentralstück (34), die durch die Aluminiumbrückenträger (37) herausragen, auf der Vorrichtung auszupendeln. Der Verstellhebel (28) steht dabei waagrecht.

13.4.  
Der Gewichtsausgleich, nur bei starker Unwucht der Rotorblätter erfolgt durch Einschrauben von Blechtreiberschrauben von max. 2,7 mm Ø stirnseitig am freien Rotorblattende des leichteren Rotorblattes. Blechtreiberschrauben verschiedener Länge sind im Eisenwarengeschäft erhältlich.

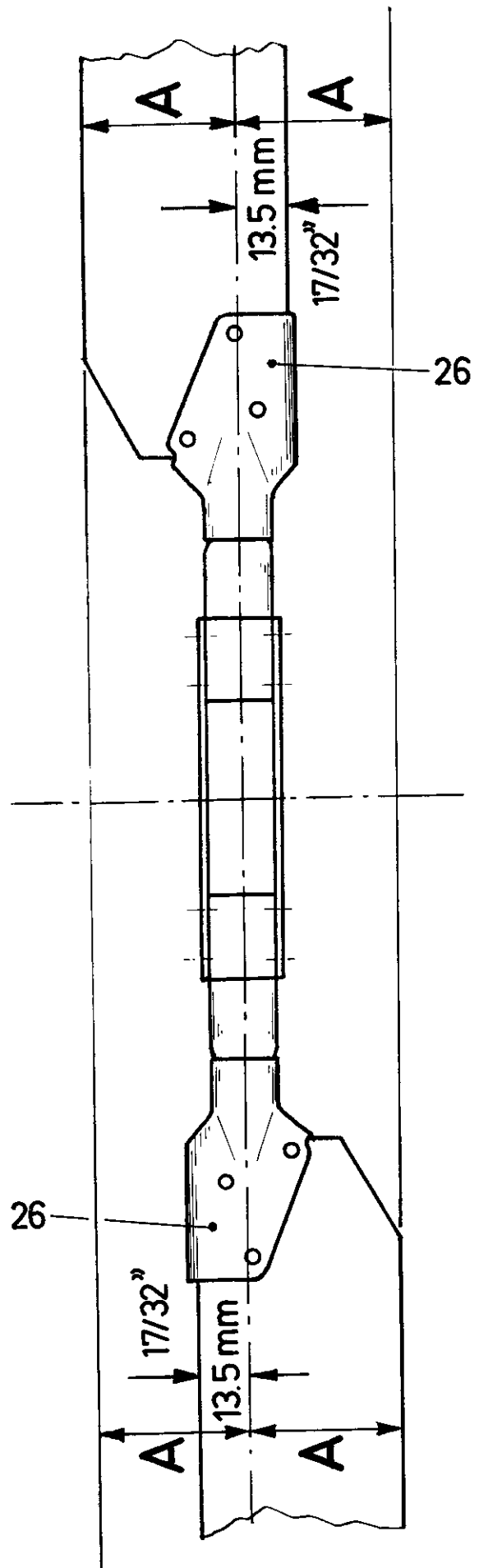


Abb. 6



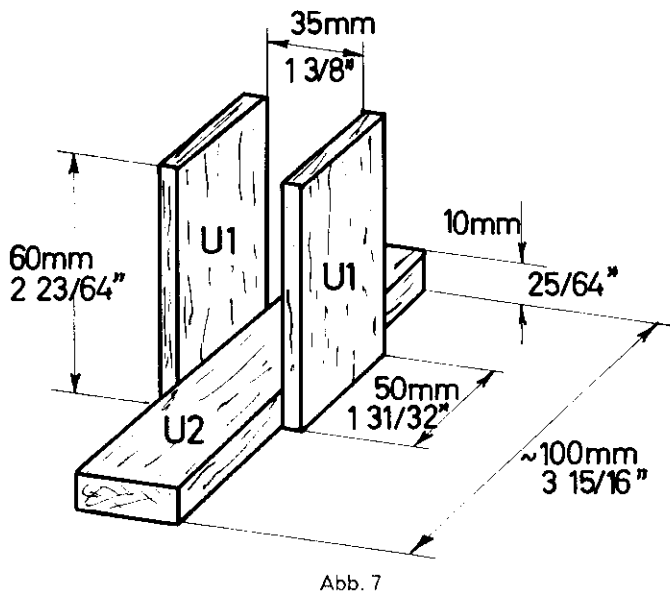
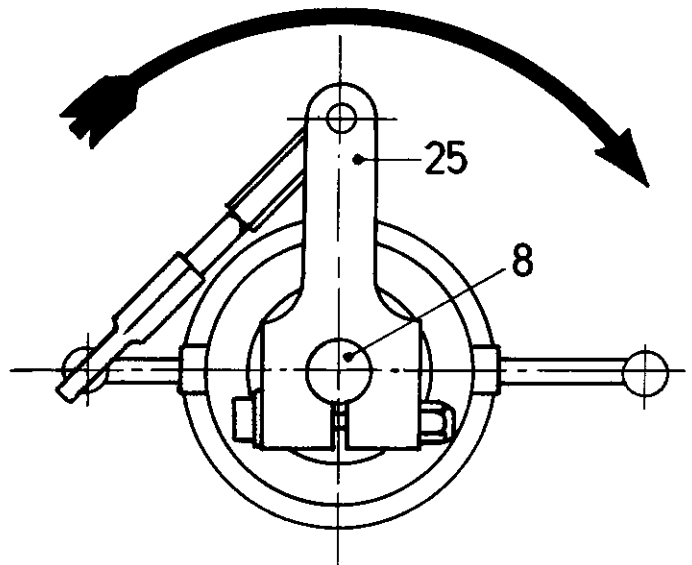


Abb. 7



① von oben gesehen

Abb. 8

**Achtung!**

Die Schraube muß unbedingt in das Buchenholzteil des Blattes eingeschraubt und verleimt werden. Sorgfältig vorgehen, an die auftretende Fliehkraft denken!

**13.5.**

Rotorkopf auf die Hauptrotorwelle (8) setzen. Darauf achten, daß die Pitchbetätigungsstange (20) in die Bohrung des Schieberstückes (27) eingefädelt wird.

**13.6.**

Die mittlere Inbusschraube M 3 x 8 an den Klemmlaschen unten am Zentralstück (34) einschrauben. Die Schraube soll in das Querloch der Hauptrotorwelle (8) hineinragen. Diese, in das Querloch hineinragende Schraube, ist nur eine Lagefixierung des Rotorkopfes.

**Achtung!**

Die mittlere Schraube M 3 x 8 auf der Klemmlasche ist kein Mitnehmer zwischen Rotorwelle und Rotorkopf. Das Drehmoment soll nur durch Klemmen des Zentralstückes auf der Rotorwelle übertragen werden. Wenn die Schraube über das Querloch das Drehmoment überträgt, bildet sich am Querloch ein Grat und der Rotorkopf läßt sich nicht mehr von der Rotorwelle abnehmen.

**13.7.**

Die äußeren Schrauben an den Klemmlaschen anziehen. Dadurch wird das Zentralstück (34) des Rotorkopfes auf der Hauptrotorwelle festgeklemmt.

**13.8.**

Schraube M 3 x 12 durch die seitliche Bohrung unten am Schieberstück (27) stecken und in das quer in der Pitchbetätigungsstange (20) gebohrte M3-Gewinde einschrauben. Die Pitchbetätigungsstange ist eventuell etwas zu drehen, bis die Schraube M 3 x 12 in das Gewinde eingeschraubt werden kann. Schraube festziehen.

**13.9.**

Prüfen, ob bei Ansicht von oben auf die Rotorwelle (8) der Mitnehmerhebel (25) der Taumelscheibe und die Anlenkstange die gezeichnete Lage zueinander haben. (Abb. 8).

**13.10.**

Der Mitnehmerhebel (25) ist so auszurichten, daß der lange Hebel mit Kugelkopf am mitdrehenden Teil der Taumelscheibe genau unter dem Kugelkopf des Verstellhebels (28) für den Steuerrotor (30) steht.

**13.11.**

Hubschrauber am Rotorkopf anheben und den Mitnehmerhebel (25) gegen die Taumelscheibe drücken.

**13.12.**

Klemmschraube mit STOP-Mutter am Mitnehmerhebel (25) fest anziehen.

**13.13.**

Den Kugelbolzen, der als Widerlager zum Anlenken der Haltestange für den feststehenden Teil der Taumelscheibe dient, an der aus dem Plan ersichtlichen Stelle montieren.

**13.14.**

Stoßstangen zwischen den Servos für den Quer- sowie Vor- und Rückwärtsflug an die Kugelköpfe der Taumelscheibe einhängen.

**13.15.**

Prüfen, ob bei Mittelstellung der Servos die Taumelscheibe genau waagrecht steht. Sonst die Stoßstangen durch Drehen der Kugeln Gelenke in ihrer Länge ändern.

**Achtung!**

Es sind die einleitenden Hinweise über Ein- und Aushängen der Kugeln Gelenkköpfe zu beachten!

## 14. Montage der Steuerrotorblätter am Rotorkopf

**14.1.**

Die Gewindestifte der äußeren Stellringe (45) am Führungsrohr (29) im Wippenrahmen (31) oben am Rotorkopf lösen. Die Stellringe nicht abnehmen!

**14.2.**

Die Stangen mit den Steuerrotorblättern (30) ca. 10 Umdrehungen in das Gewinde im Führungsrohr (29) einschrauben. Überprüfen, ob der Abstand der Steuerrotorblätter zum Wippenrahmen gleich ist.

**14.3.**

Kugeln Gelenke an den Mischhebeln (32) am Wippenrahmen (31) aushängen. Der Wippenrahmen mit den in das Führungsrohr (29) eingeschraubten Steuerrotorstangen (30) mit Steuerrotorblättern kann nun frei pendeln.

**14.4.**

Auswiegen des Steuerrotors über die Lagerung des Wippenrahmens. Bei zu leichtem Steuerrotorblatt ist die Stange des leichteren Blattes herauszuschrauben oder die Stange des gegenüberliegenden Blattes hineinzuschrauben.

**14.5.**

Kontrolle der Einschraubtiefe jeder Steuerrotorstange.

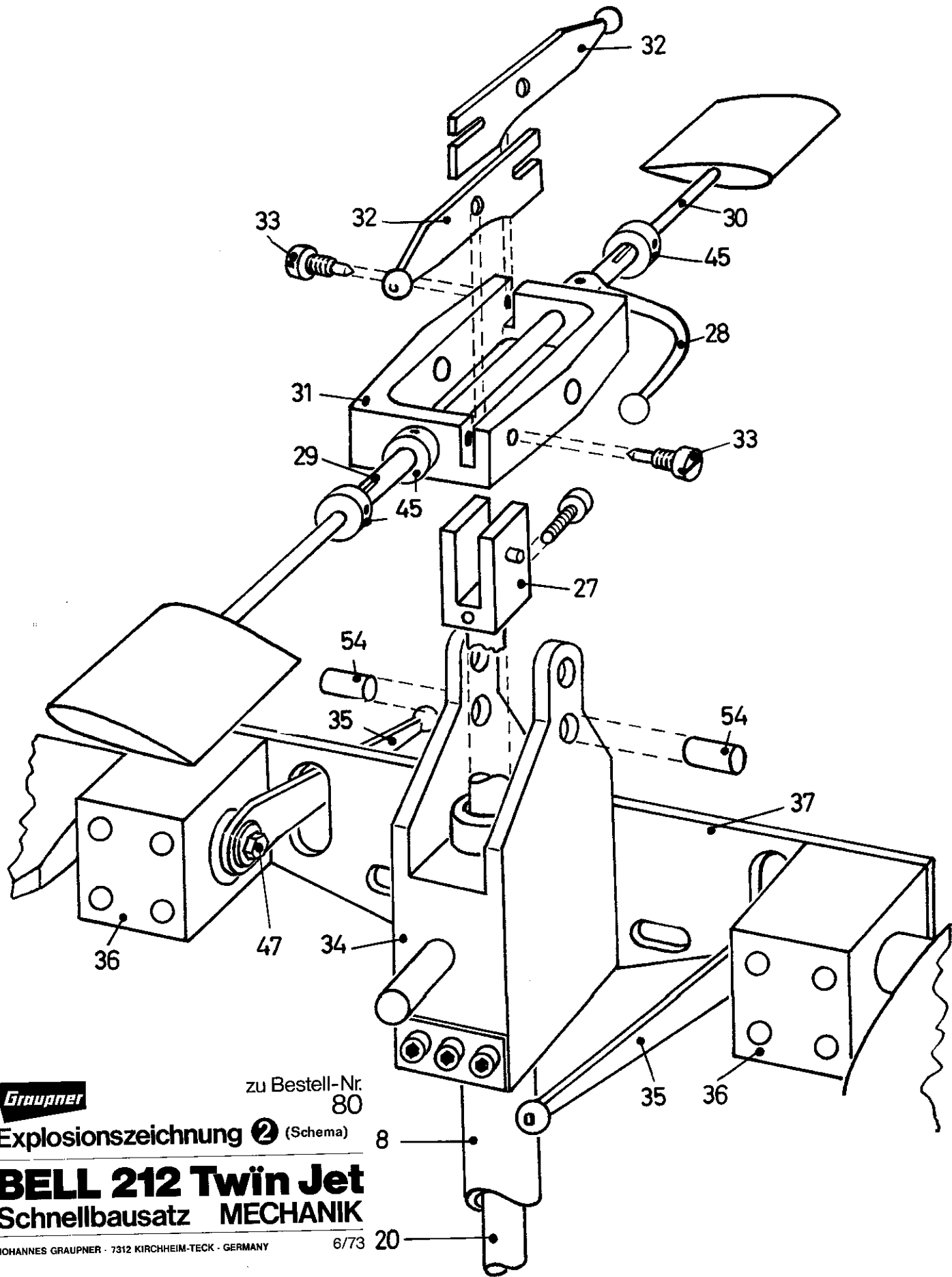
**Achtung!**

Jede Gewindestange muß mit mindestens 4 Gewindegängen im Führungsrohr eingeschraubt sein, sonst können die Gewindegänge unter der Zentrifugalkraft des Steuerrotorblattes ausreißen.

Sollte sich der Steuerrotor unter Einhaltung von mindestens je 4 eingeschraubten Umdrehungen der Steuerrotorstangen nicht auswiegen lassen, dann durch stirnseitiges Abschleifen des schwarzen Kunststoffes am schwereren Steuerrotorblatt, den Steuerrotor auswiegen.

**14.6.**

Der Einstellwinkel der Steuerrotorblätter zueinander sollte 0° sein. In der Steuerrotorebene in Richtung der Steuerrotorstangen schauen und kontrollieren.



**Grupner**

zu Bestell-Nr.  
80

Explosionszeichnung ② (Schema)

# BELL 212 Twin Jet

## Schnellbausatz MECHANIK

JOHANNES GRAUPNER · 7312 KIRCHHEIM-TECK · GERMANY

6/73

Explosionszeichnung 2

Die Lage der Steuerrotorflügel optisch zueinander vergleichen und die Blätter auf 0° Einstellwinkel ausrichten. Der Verstellhebel (28) für den Steuerrotor sollte bei 0° Einstellwinkel der Steuerrotorflügel etwa +5° nach oben zeigen. Siehe Abb. 9.

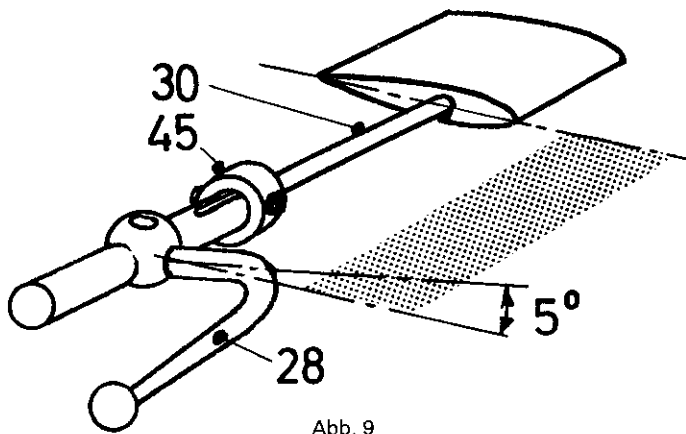


Abb. 9

14.7. Die Gewindestifte der Stellringe (45) auf die Mitte zwischen die Schlitze in der mittleren Lagerwelle stellen und anziehen. (Siehe Abb. 10)

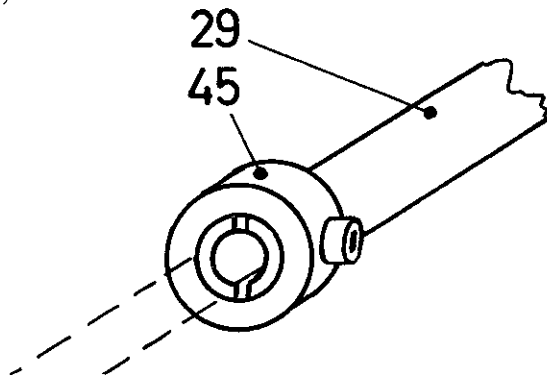


Abb. 10

Die Steuerrotorstangen werden dadurch in ihrer Lage festgeklemmt.

14.8. Kugelgelenke an den Mischhebeln (32) des Wippenrahmens (31) wieder einhängen.

14.9. Stoßstange zwischen Taumelscheibe und Kugelkopf des Verstellhebels (28) des Steuerrotors einhängen.

14.10. Bei waagerechter Taumelscheibenlage sollte der Einstellwinkel am Steuerrotor  $\pm 0^\circ$  betragen. Die Länge der Stoßstange ist entsprechend einzustellen.

## 15. Endjustagearbeiten

### 15.1. Justierarbeiten am Heckrotor

15.1.1. Servo für die Heckrotorbetätigung auf Mittelstellung bringen.

15.1.2. Die Länge des Betätigungs-Bowdenzuges ist so abzustimmen, daß der kurze Hebel am Winkelhebel des Heckrotorgetriebes rechtwinklig zur Heckrotorantriebswelle steht. (Siehe Abb.)

15.1.3. Die Fertigstellung der Heckrotorblätter siehe Abschnitt 4.2. Bauanleitung ZELLE. Heckrotorblätter in die Blatthalter wie in Anleitung ZELLE gezeigt, einlegen und mit Schrauben M 3 x 12 und STOP-Muttern anschrauben. Drehrichtung des Heckrotors beachten. Die gewölbte Profilerseite zeigt zum Rumpf.

15.1.4. Diese Blatthalteschrauben zunächst fest anziehen.

15.1.5. Dann die Blatthalteschrauben wieder lösen.

15.1.6. Die Blatthalteschrauben nur wieder so fest anziehen, daß die Heckrotorblätter im Blatthalter leicht geklemmt werden und bei waagerechter Stellung des Blatthalters durch die Schwerkraft von allein nach unten pendeln.

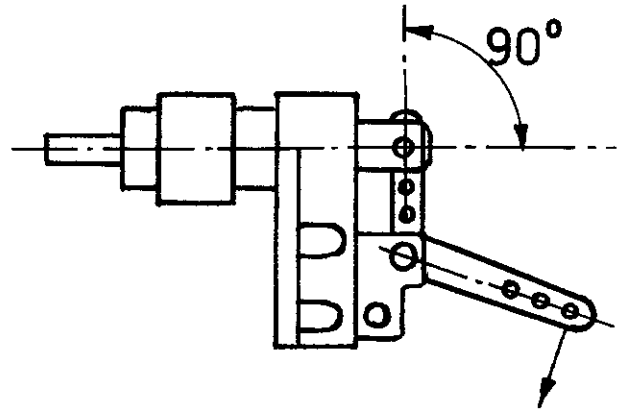


Abb. 15

### Achtung!

Durch die Fliehkraft der Heckrotorblätter wird jedes Heckrotorblatt dann im Betrieb die ideale Stellung einnehmen, die die geringste Beanspruchung des Kugellagers im Blatthalter ergibt.

## 15.2. Justierarbeiten am Hauptrotorkopf

15.2.1. Pitchbetätigungsruddermaschine in Mittelstellung bringen.

15.2.2. Stoßstange vom Servo zum Pitchbetätigungshebel (23) einhängen.

15.2.3. Kontrollieren, ob der Pitchbetätigungshebel (23) in Mitte der Kulisse (22) steht. Andernfalls ist die Stoßstange (210) zwischen Winkelhebel (105) und Pitchbetätigungshebel sinngemäß in der Länge zu ändern.

15.2.4. Prüfen, ob die Mischhebel (32) im Wippenrahmen (31) horizontal stehen. Ist dies nicht der Fall, so ist der Gegenlagerbock (17) im Zwischenwellenlagergehäuse (3) sinngemäß weiter heraus- oder hineinzuschrauben und durch Kontern mit der M6-Mutter (16) zu sichern. Siehe Explosionszeichnung 1.

Soll der Hubschrauber ohne Pitchbetätigung (also ohne kollektive Blattverstellung) geflogen werden, dann ist die gekröpfte Stange (147) mit dem Sicherungsclip (148) aus dem Gabelkopf der Rudermaschine auszuhängen.

Die gekröpfte Stange wird in dem seitlichen Festpunkt (217) eingehängt. Siehe Darstellung auf Schnellbauplan ZELLE, Best.-Nr. 4600 rechts neben Schnitt K-K.

Danach ist die Länge der Gewindestange (210) zum Pitchhebel so einzustellen, daß sich ein Einstellwinkel an jedem Hauptrotorblatt von +5° ergibt.

Im nächsten Abschnitt wird die Justage des Einstellwinkels am Hauptrotorblatt beschrieben. Sie muß auch vorgenommen werden, wenn mit konstantem Rotorblatteinstellwinkel geflogen wird.

## 15.3. Justieren des Einstellwinkels der Hauptrotorblätter

15.3.1. Die Rudermaschine zur Verstellung des Pitchgestänges, sie verstellt auch gleichzeitig die Motordrossel, auf Motor-Leerlaufstellung bringen. Bei dieser Einstellung haben die Rotorblätter den kleinsten Einstellwinkel.

15.3.2. Rechtwinklig auf das Ende des Hauptrotorblattes die Rotorblatt-Einstellehre schieben. Die Bezeichnungen 1° und 5° stehen dabei auf der linken Seite nach außen. Visiert man längs des Rotorblattes, so soll die obere Kante der Lehre — mit 1° bezeichnet — parallel zur waagerecht gehaltenen Querstange des Steuerrotors stehen.

### Hinweise zu den Justierarbeiten:

Für die Einstellung der Rotorblätter wird +1° Einstellwinkel für den Motorleerlauf empfohlen. Notwendige Voraussetzung hierfür ist aber eine Kontrollierung des Spurlaufes. Kleinere Abweichungen von dem angegebenen Einstellwinkel bringen eventuell positive Verbesserungen. Ein negativer Einstellwinkel von mehr als -1° ist zu vermeiden.

15.3.3. Die Rudermaschine zur Pitchbetätigung auf Stellung für größte Rotorblatteinstellwinkel bringen, das ist gleichbedeutend mit Motorvollgasstellung.

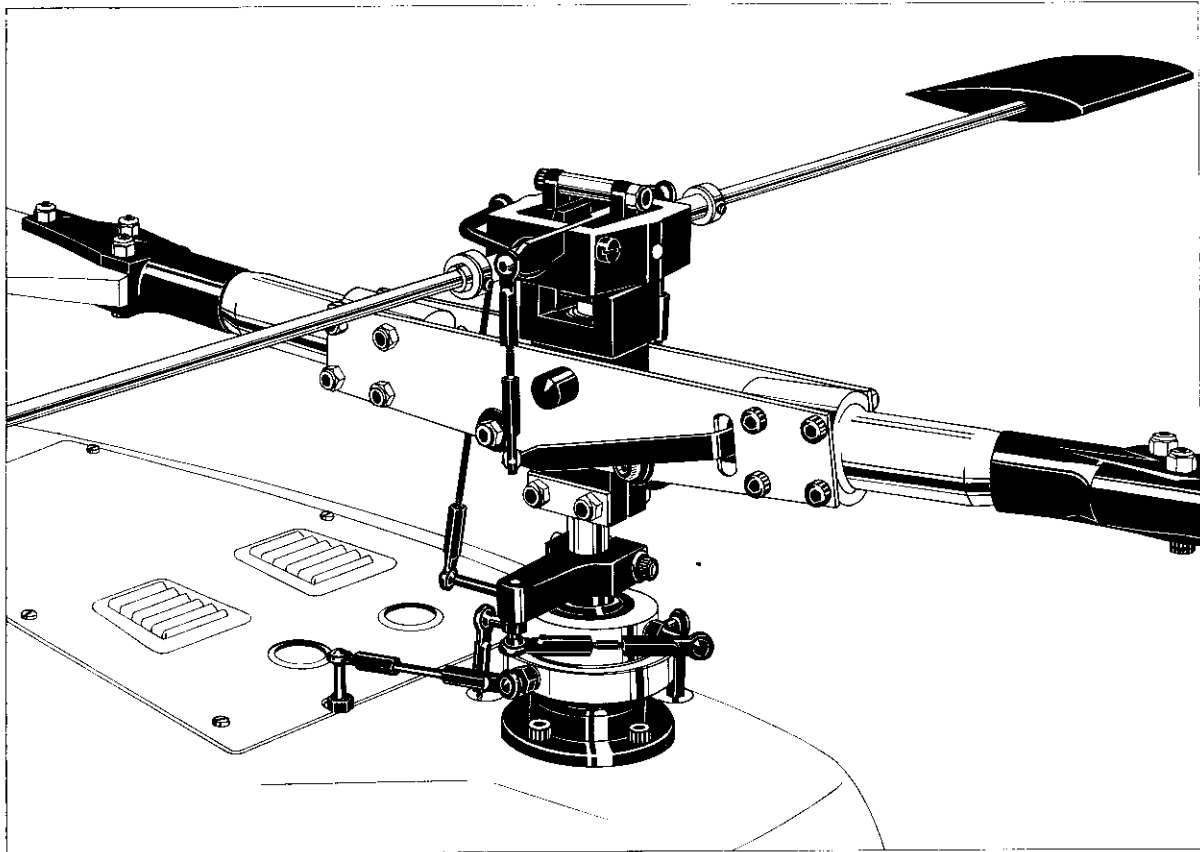
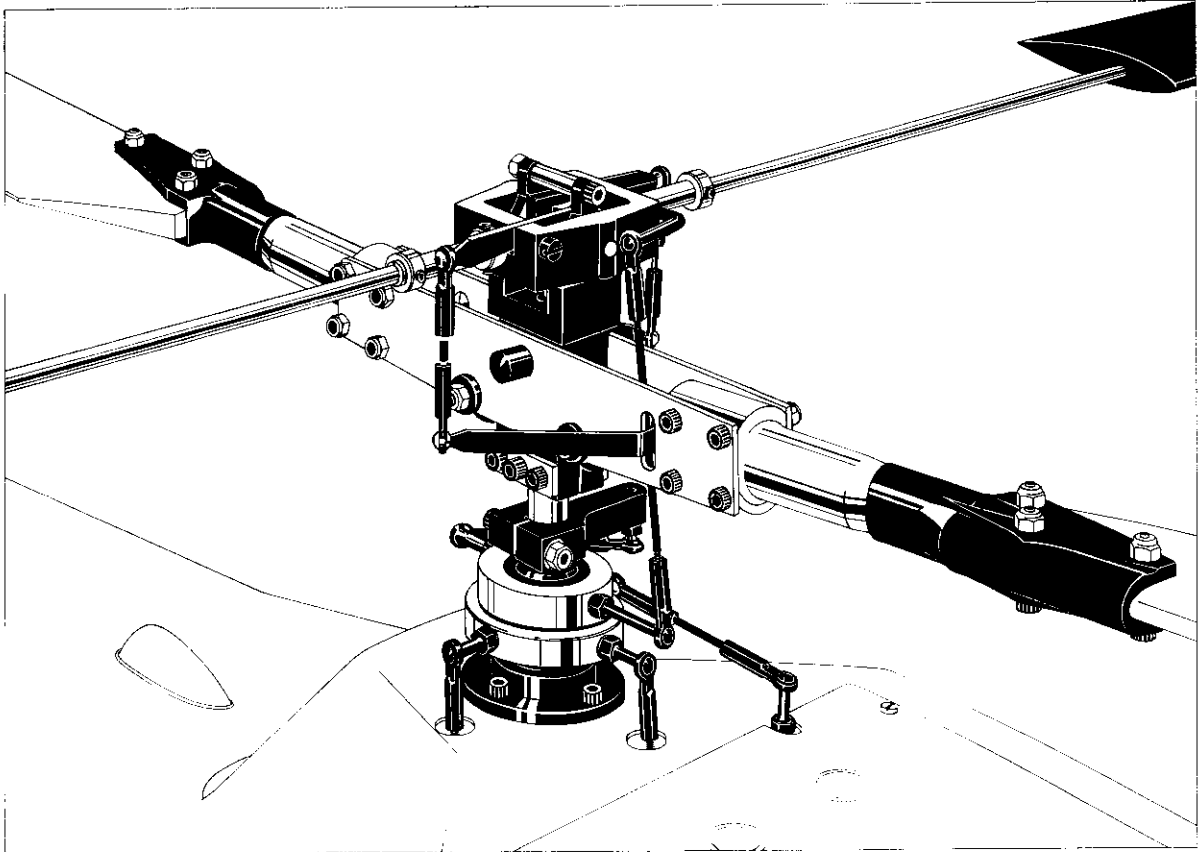


Abb. 11 und 12 Der Rotorkopf in verschiedenen Ansichten.

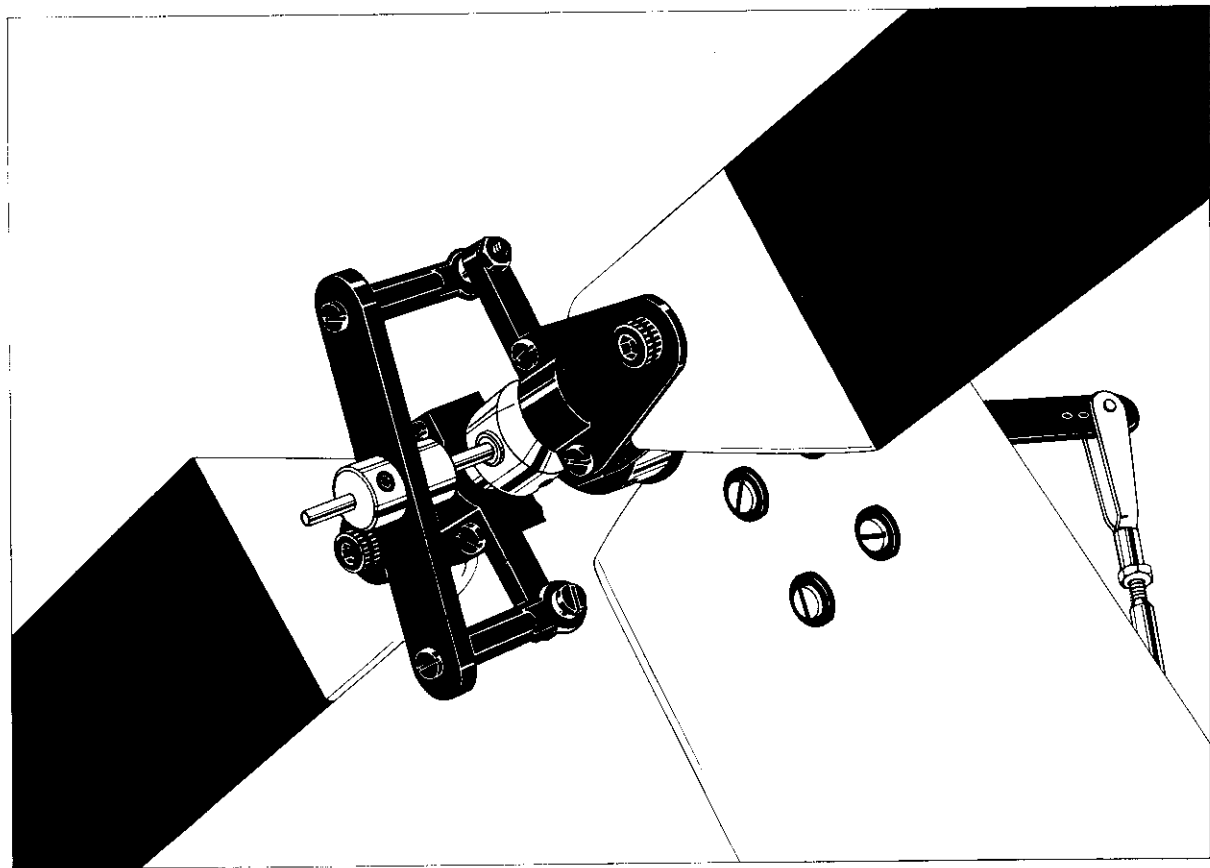
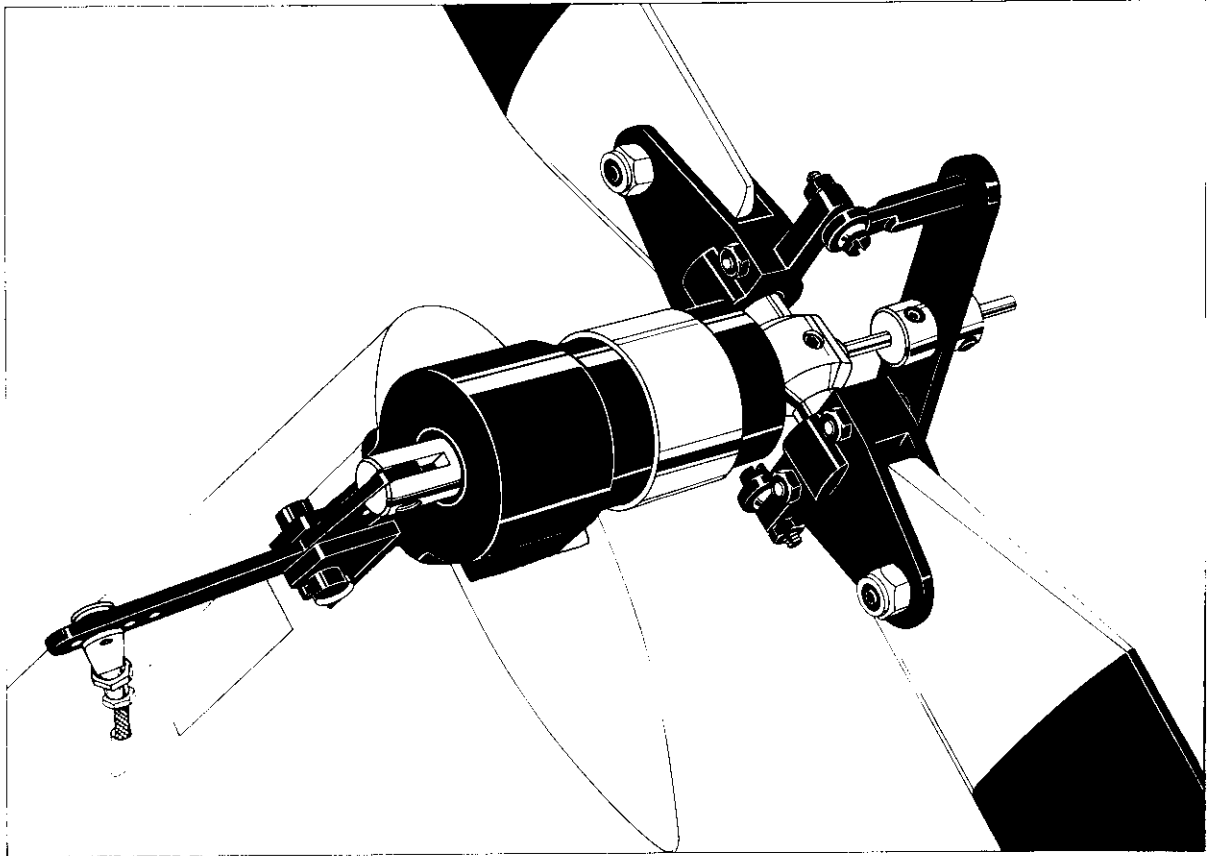


Abb. 13 und 14 Der Heckrotor in zwei Ansichten.

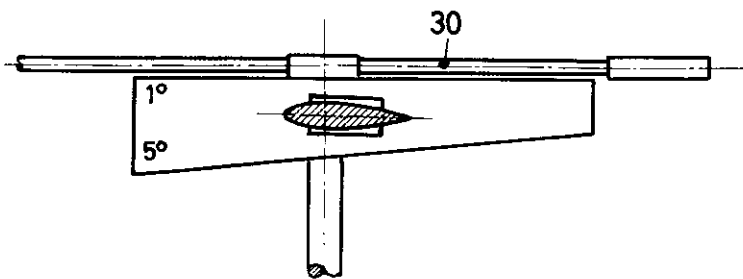


Abb. 16

#### 15.3.4.

Wird das Rotorblatt von außen anvisiert sollte die **untere** Kante der Lehre — mit 5° bezeichnet — parallel zur waagrecht gehaltenen Querstange des Steuerrotors stehen. Ein größerer Einstellwinkel als 5° bringt keinen Vorteil oder verbesserte Wirkung des Pitches. Kleinere maximale Einstellwinkel als 5° können sich günstig erweisen.

#### 15.3.5.

Diese Einstellung 15.3.2. und 15.3.4. wird sinngemäß auch am 2. Hauptrotorblatt wiederholt.

#### 15.3.6.

Stellt man dabei fest, daß bei einem Blatt beide Einstellwinkel — d. h. der von +1° und der von +5° — zu groß oder zu klein sind, dann ist die Länge der Stoßstange zwischen Mischhebel (32) und Blatteinstellwinkelhebel (35) durch Heraus- oder Hineinschrauben der Kunststoff-Kugelgelenkköpfe entsprechend zu ändern, bis Übereinstimmung erzielt ist.

#### Achtung!

Die am Anfang der Bauanleitung gegebene Anweisung zum Ein- und Aushängen der Kugelgelenke und über die Einschraubtiefe der Gewinde in das Kunststoffteil des Kugelgelenkes beachten.

#### 15.3.7.

Ist an beiden Haupt-Rotorblättern die Einstellwinkeldifferenz von +1° zu +5° von Motorleerlauf zu Vollgas nicht vorhanden, dann das Gestänge (210) zwischen Umlenkhebel (105) und Pitchbetätigungshebel (23) am Umlenkhebel sinngemäß umhängen.

#### 15.3.8.

Ist der Einstellwinkel zwischen den beiden Hauptrotorblättern dagegen unterschiedlich, so ist einer der Blatteinstellwinkelhebel (35) verbogen.

Für größere Einstellwinkel die Blatteinstellwinkelhebel (35) zum Rotorkopf hin biegen, für kleinere Einstellwinkel vom Rotorkopf weg biegen. Die Stoßstange zwischen Mischhebel (32) und Blatteinstellwinkelhebel (35) sollte bei korrekter Justage des Rotorkopfes und bei waagerechten Steuerrotorblättern (30) senkrecht (lotrecht) bei allen Blickrichtungen stehen.

#### 15.3.9.

Den statischen Spurlauf der Rotorblätter durch Messen des Abstandes jedes Rotorblattes über das Rumpffende zum Heckrotor kontrollieren. Siehe Abb. 17.

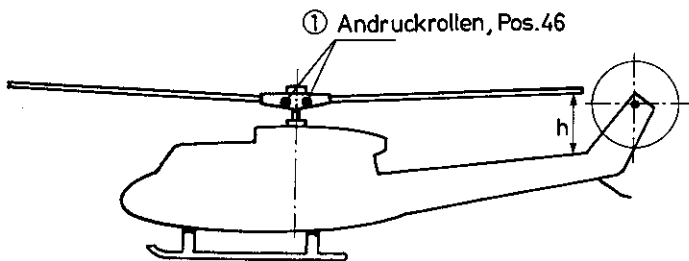


Abb. 17

Durch Lösen und Verstellen der Andruckrollen (46) kann der statische Spurlauf, das heißt gleicher Abstand jedes Rotorblattes über dem Rumpf, eingestellt werden.

Der Rotorkopf des Modellhubschraubers BELL 212 TWIN JET weist den großen Vorteil auf, daß die Schlagbewegung der Rotorblätter eingestellt werden kann. Jeder Pilot wird im Laufe der Zeit selbst ermitteln, welches für ihn die beste Einstellung ist.

Für die ersten **Schwebeflüge** ist es empfehlenswert, die Andruckrollen (46) so anzupressen, daß der Spezial-Gummi auf den Rollen **möglichst fest** am Zentralstück (34) des Rotorkopfes anliegt. Es sollte keinesfalls ein Abstand zwischen dem Gummi und dem Zentralstück (34) vorhanden sein.

Nach längerer Betriebszeit ist es möglich, daß die Spezial-Gummiringe der Andruckrollen sich durch das ständige Andrücken verformen. Dieses Materialverhalten der Gummiringe wird behoben, indem die Gummiringe einfach um ca. 1/4 Umdrehung verdreht werden und in dieser Stellung wieder unverformtes Spezial-Gummimaterial an das Zentralstück anliegt.

## 16. Probelauf

### 16.1.

Hubschrauber auf die Startbox stellen, von einem Helfer festhalten lassen.

#### Achtung!

Hauptrotor-Drehebene sollte für den ersten Probelauf unbedingt über Kopfhöhe sein. Sonst besteht Unfallgefahr, wenn durch eventuelle Montagefehler vom Hauptrotor ein Teil wegfliegt. Das gilt auch für Probelaufe nach dem Austausch von Teilen am Rotorkopf.

### 16.2.

Betanken, Fernsteuerung einschalten und Funktion aller Servos prüfen. Motor nach Gebrauchsanleitung mit Hilfe eines geeigneten Elektro-Starters und dem Keilriemen anwerfen. Keilriemen danach in Halterung vom Kunststoffteil (176) klemmen.

### 16.3.

Motor, Vergaser nach Gebrauchsanleitung des Motors auf zuverlässigen Leerlauf einregulieren. Die Kupplung darf bei Motorleerlaufdrehzahl noch nicht eingreifen. Leerlauf des Motors ist korrekt eingestellt, wenn der Motor nach 5 min. Leerlauf beim Gasgeben weiterläuft.

### 16.4.

Modell festhalten!

Vollgasstellung des Motors einregulieren. Die Düsenadel ist auf „fettes“ Gemisch einzustellen, da sonst der Motor überhitzen kann.

**Keinesfalls die Hauptrotorblätter festhalten und dann Vollgas geben. In diesem Fall wird die Kupplung unweigerlich zerstört.**

#### Achtung!

**Beginnt der Hubschrauber bei zunehmender Motordrehzahl zu schütteln: Sofort Motor auf Leerlauf regulieren.** Ursache für das Schütteln feststellen.

Es könnten folgende Fehler dafür verantwortlich sein:

- Rotor unwuchtig.
- Rotorkopf nicht nach Bauanleitung justiert.
- Antriebsaggregat dejustiert oder Schrauben locker.
- Heckrotor unwuchtig.

### 16.5.

Kontrolle des Spurlaues der Hauptrotorblätter bei höherer Rotordrehzahl.

Durch die sich gegenseitig abhebende unterschiedliche Farbgebung der Blattenden der Hauptrotorblätter kann dasjenige Rotorblatt ermittelt werden, welches höher oder tiefer als das andere läuft. Am höher laufenden Blatt ist durch Verkürzen der Stoßstange zum Blatteinstellhebel (35) der Blatteinstellwinkel zu reduzieren.

#### Achtung!

Immer an die Unfallgefahr denken, die von den schnell umlaufenden Rotorblättern ausgeht! Für diese Kontrollarbeiten bei denen der Kopf sich nahe und in der Ebene des Hauptrotors befindet, ist es empfehlenswert, ein Schutzgitter aus kräftigem engen Maschendraht vor das Gesicht zu halten. Ein sich lösendes Hauptrotorblatt könnte tödlich sein!

Auch darauf achten, daß andere Personen sich nicht in Nähe und in der Ebene des Hauptrotors aufhalten!

Trotz sorgfältigstem Auswuchten und ausgesuchter Hölzer für die Rotorblätter, kann ein unterschiedliches Biege- und Torsionsverhalten unter der hohen Fliehkraftbeanspruchung bei drehendem Rotor auftreten. Diese elastische Unsymmetrie kann durch Verlängern oder Verkürzen der Stoßstangen zwischen Mischhebel (32) und Blatteinstellwinkelhebel (35) korrigiert werden. Die Korrektur ist so lange vorzunehmen, bis beide Hauptrotorblätter in allen Rotordrehzahlbereichen annähernd den gleichen Spurlauf haben.

### 16.6.

Kontrolle sämtlicher Schraubenverbindungen am Hubschrauber auf festen Sitz. Besonderes Augenmerk legen auf die Klemmschrauben am großen Zahnrad, Rotorkopf, Zentralstück (34) des Hauptrotors, Blattanschlußnabe (42) des Heckrotors und die Gewindestifte der Kupplungsmuffen (11/12). Prüfung sämtlicher Aggregate.

### 16.7.

**Schwerpunktlage des Modells kontrollieren.** Der Schwerpunkt sollte genau in Längsrichtung der Hauptrotorachse liegen. Notfalls ist mit Bleigewichten im Rumpfbug oder im Rumpffende die Schwanz- oder Kopflastigkeit zu korrigieren.

## 16.8.

Es ist empfehlenswert, in das Fluggelände für Ersatzzwecke gleich mehrere Paare bespannte und ausgewuchtete Hauptrotor- und Heckrotorblätter mitzunehmen. Zum Transport des Modells kann ein Hauptrotorblatt durch Lösen der drei Befestigungsschrauben am Blatthalter (26) entfernt werden.

## 16.9.

Hinweis zur Stromversorgung der Glühkerze des Motors: Es ist empfehlenswert, hierzu die Stromquelle SONNENSCHNITT DRYFIT PC 7,5 Ah, Best.-Nr. 3694 zu verwenden. Das Zuleitungskabel mit Glühkerzenklemme ist entsprechend lang zu bemessen. Siehe Hinweise Gebrauchsanleitung Motor. Die Glühkerze ist öfters zu entfernen und zu kontrollieren. Außerdem ist es empfehlenswert, von Zeit zu Zeit den fließenden Strom mittels Meßinstrument zu überprüfen, um den Ladezustand der Stromquelle festzustellen.

## 17. Wartung und Instandhaltung

### 17.1. Allgemeine Hinweise

#### 17.1.1.

Sämtliche Schrauben, Muttern und Einzelteile nach jeweils 5 Betriebsstunden auf fester Sitz und einwandfreien Zustand überprüfen.

#### 17.1.2.

Vor jedem Flugtag die Schrauben an den Klemmlaschen am großen Zahnrad nachziehen.

#### 17.1.3.

Nur sauberen, gefilterten und wasserfreien Kraftstoff verwenden. Nitromethangehalte über 10 % verbessern das Laufverhalten des Motors bei Teillast.

#### 17.1.4.

Nur Original-Kugellager verwenden. Alle Kugellager sind speziell für die Anforderungen des Modellhubschraubers angepaßte Sonderausführungen.

### 17.2. Schmierplan

#### 17.2.1.

Nach jeweils 5 Betriebsstunden ist am Heckrotor die Lagerstelle zwischen Antriebswelle und Pitchbetätigungsstange mit nur einem Tropfen Automotorenöl (HD-Oil — SAE 20) zu schmieren

Schmierstelle **1**

Siehe Explosionszeichnung 1

#### 17.2.2.

Nach jeweils 5 Betriebsstunden ist die Heckrotorantriebswelle (165) durch einen Tropfen Automotorenöl (HD-Oil — SAE 20) an beiden Enden des Führungsrohres (161) zu schmieren.

Schmierstelle **2**

#### Achtung!

Alle anderen Teile sind wartungsfrei und dürfen nicht geschmiert werden. Vor allem darf die Verzahnung zwischen Kegelradritzel und großem Kegelrad des Hauptrotorantriebes nicht geschmiert werden, weder mit Öl noch mit Fett. Es würde sonst zu viel Staub durch das Schmiermittel gebunden und rascher Verschleiß der Zahnräder wäre die Folge.

Keinesfalls die Kugellager schmieren, da sie mit einem speziellen Schmiermittel ausreichend für einige hundert Stunden Betriebszeit versehen sind.

### 17.3. Reinigung

#### 17.3.1.

**Keine Reinigungsflüssigkeiten wie Benzin, Petroleum, Verdünnung, Tri, Tetrachlorkohlenstoff, Aromaten wie Benzol, Xylol, Dioxan oder Fleckenwasser verwenden.**

#### 17.3.2.

Das Modell und die Teile der MECHANIK nur mit Papierhandtüchern, wie Kleenex oder sauberen Leinenlappen abwischen.

#### 17.3.3.

**Nie die MECHANIK-Teile mit Seifenwasser oder warmem Wasser abwaschen!**

## 18. Das Einfliegen

Es sei nochmals auf die bereits mehrfach erwähnten Punkte betreffend der Gefahrenquellen beim Betrieb des Modells hingewiesen.

Mit dem Einfliegen darf erst begonnen werden, wenn die vorangegangenen Probeläufe im Stand genau der Bedienungsanleitung entsprechen haben.

Es ist ratsam, das unter Best.-Nr. 90 erhältliche Trainingsfahrwerk anzubringen.

Unter allen Umständen die ersten Versuche auf hartem, staubfreiem Platz (Beton, Asphalt) durchführen. Für Geübte sind Starts auf Grasplätzen ohne weiteres möglich, jedoch nur unter der Bedingung, daß rasch abgehoben wird (Sprungstart), damit der Hubschrauber sich mit dem Fahrwerk nicht im Gras verfangt und umkippt.

Der Vorteil eines harten Platzes zusammen mit dem Trainingsfahrwerk ist, daß die Gleitschuhe des Fahrwerkes rutschen und der Pilot schon vor dem Abheben die Bewegungsrichtung des Hubschraubers erkennen kann.

Bei den ersten Flugversuchen langsam „Gas“ geben. Das Heck des Hubschraubers will dabei mit zunehmender Motorleistung nach der einen oder anderen Richtung wegdrehen. Beobachten, nach welcher Seite der Hubschrauber kurz vor dem Abheben wegdrehen will. Diese Drehbewegung ist vor einem Startversuch zum Schwebeflug des Hubschraubers unbedingt durch die Trimmung des Seitenruderhebels am Sender auszugleichen. Nach dieser Trimmungs-korrektur am Sender ist der Motor abzustellen. Der so ermittelte Einstellwinkel der Heckrotorblätter ist durch sinngemäßes Verändern der Länge des Seitenruder-Steuergestänges für Mittelstellung des Servos bzw. Mittelstellung Trimmung und Knüppe am Sender einzustellen.

Auf die gleiche Art ist auch zu verfahren, wenn festgestellt wird, daß der Hubschrauber sich beim Abheben vorwärts, rückwärts, links oder rechts wegbewegen will. Ein Abflug darf erst erfolgen, wenn die Steuergestänge am Modell so eingehängt und justiert sind, daß am Sender sämtliche Steuerknüppe und Trimmhebel auf Mittelstellung stehen. Die Trimmung am Sender wird später im Vorwärtsflug oder bei Platzrundflügen benötigt.

Der schwierigste Teil des Rundfluges besteht in der Landung! Voraussetzung dazu ist ein einwandfreier Schwebeflug kurz über dem Landeort. Deshalb ist Übung und immer wieder Übung zur Erlernung des Schwebefluges erforderlich. Auch wenn geglaubt wird, man beherrscht den Schwebeflug, sollte trotzdem immer wieder geübt werden!

Das Modell muß vor dem Aufsetzen auf jeden Fall erst in einem Schwebeflug über dem Landeplatz gebracht werden. Deshalb Schwebeflüge trainieren. Dabei den Hubschrauber bewußt einmal vorwärts, rückwärts oder seitlich ausweichen lassen. Danach den Hubschrauber wieder auspendeln und zum Schwebeflug über dem Landeplatz bringen.

Glaubt man Schwebeflüge einwandfrei zu beherrschen, dann gekennzeichnete Landeplätze vornehmen und immer wieder versuchen aus einem Schwebeflug mit langsamer Horizontalbewegung des Modells auf dem gekennzeichneten Punkt zu landen, so lange, bis dies jedes Mal gelingt.

#### Achtung!

Auch bei einem Hubschrauber: Start und Landung nur gegen den Wind!

Bei Rundflügen ist darauf zu achten, daß, wie beim richtigen Flugzeug, Quer- und Seitenruder sinngemäß und gleichzeitig gegeben werden, so daß die in der Kurve entstehende Fliehkraft stets genau in Richtung der Rotorwelle zieht.

Beim Landeanflug darauf achten, daß das Sinken gleichmäßig und relativ langsam erfolgt. Zum Abfangen des Hubschraubers ist viel Motorleistung erforderlich. Ferner kann beim zu schnellen Sinken des Hubschraubers ein Flugzustand eintreten, bei dem der Hubschrauber trotz großer Leistungsreserve des Antriebsmotors nicht mehr abgefangen werden kann. Deshalb: Beim Landeanflug den Hubschrauber nicht höher als 1 m über der gewünschten Landestelle zum Stillstand bringen und dann langsam absetzen.

#### Wichtiger Hinweis!

Die Flugzeit des Modells wird begrenzt durch die Kraftstoffmenge im Tank. Deshalb ist zum Fliegen eine Stoppuhr erforderlich, damit man eine Kontrolle der Flugzeit hat und noch genügend Reservezeit zum Landen vorhanden ist. Normalerweise reicht eine Tankfüllung für ca. 15 min. Flugzeit aus.

Welche Steuerfunktionen für die verschiedenen Flugzustände gebraucht werden und welche Luftkräfte auftreten, sind ausführlich in dem nächsten Abschnitt „Flugmechanik“ erläutert.

## 19. Flugmechanik des Hubschraubers

Da die Aerodynamik und die Kräfte beim Hubschrauber etwas anders sind, als bei Flugzeugen mit starren Flügeln, sei hier kurz eine Einführung in die Flugmechanik des Hubschraubers gegeben. Das Wissen um die einzelnen Kräfte in den entsprechenden Flugzuständen eines Hubschraubers erleichtert das Fliegen von Hubschrauber-

modellen und reduziert die Gefahr einer Bruchlandung wegen falscher Steuerkommandos.

Der Hauptnachteil der Flugzeuge mit starrem Tragflügel, sowie mit Rumpf und Leitwerk ist der Verlust ihrer Flugfähigkeit unterhalb einer Mindestgeschwindigkeit. Dazu benötigen derartige Flugzeuge und auch deren verkleinerte Nachbildungen, die Flugmodelle, Start- und Landebahnen. Es bestand daher der Wunsch, ein Fluggerät zu haben, das auf der Stelle starten und landen, beliebig langsam fliegen und in der Luft stillstehen oder schweben kann. Eine technische Lösung für ein derartiges Fluggerät wurde schon im 16. Jahrhundert von Leonardo da Vinci gezeichnet. Aber erst Anfang dieses Jahrhunderts, nach der technischen Reife des Verbrennungsmotors, wurden Versuchsmuster von senkrecht startenden und landenden Flugzeugen gebaut und erfolgreich geflogen.

Der Grundgedanke zur Verwirklichung eines solchen Flugzeuges besteht darin, an Stelle des starren Tragflügels umlaufende Tragflächen, also einen horizontal laufenden Propeller, eine Hubschraube, zu verwenden. Die ersten erfolgreich fliegenden und zufriedenstellend steuerbaren Hubschrauber baute H. Focke 1937, Flettner 1939 und Sikorsky 1941. Es wurde auf den wertvollen Erfahrungen aufgebaut, die Juan de la Cierva ab 1923 mit einem sogenannten Tragschrauber machte. Bei den Tragschrauberflugzeugen wird das Flügelrad der Hubschraube nicht von einem Motor angetrieben, sondern bei Vorwärtsbewegung des Flugzeuges vom Fahrtwind. Die Vorwärtsbewegung eines Tragschraubers erfolgt z. B. durch eine Luftschraube wie bei einem Tragflügelflugzeug.

Im Modellbau gelang schon recht früh der verkleinerte Nachbau von Tragschraubern. Ein ungelöstes Problem blieb aber lange Zeit der Hubschrauber mit mechanisch angetriebenem Hubschrauber. Die vielen fehlgeschlagenen Versuche ergaben, daß nur ein ständig ferngesteuerter Hubschrauber als Modell quasi stabil fliegen und flugtüchtig sein würde. Der Reiz des beliebig langsamen Fluges, des Schwebefluges und des senkrechten Abstieges, sowie des Senkrechtstartes ist nur mit einem über Funkfernsteuerung gesteuerten Modell zu erhalten. Allgemein haben Hubschrauber folgende Flugmechanik und vom üblichen Flugzeug abweichende Eigenheiten.

Eines der hauptsächlichen Probleme des Hubschraubers mit mechanischem Antrieb des Rotors durch einen Motor ist der Ausgleich des Drehmomentes der großen langsam laufenden Hubschraube. Während das Propellerdrehmoment bei Flugzeugen mit starren Tragflügeln durch Querruderausschläge oder Seitenzug der Propellerachse gegenüber der Rumpflängsachse ausgeglichen werden kann, erfordert der Momentenausgleich bei einem Hubschrauber besondere Hilfsmittel. Bei einem Hubschrauber mit einem angetriebenen Rotor wird am Rumpfe des Flugzeuges eine zweite „Hubschraube“ mit horizontaler Achse angeordnet, welche auch Heckrotor oder Ausgleichsschraube genannt wird. Dieser Heckrotor erzeugt gerade soviel Zugkraft, daß mit dem Rumpf als Hebelarm dem Drehmoment des Hauptrotors die Waage gehalten wird. Bei jeder Änderung der Antriebsleistung für den Hauptrotor muß der Schub der Ausgleichsschraube verändert werden. Dazu ändert man die Einstellwinkel der Heckrotorblätter. Der Heckrotor ist also ein Verstellpropeller, ein meist recht kompliziertes, und da am Rumpfheck exponiert liegendes, auch bei Bruchlandungen gefährdetes Teil.

### 19.1. Der Schwebeflug

In der Abb. 18 ist ein Hubschrauber schematisch gezeichnet, der in der Luft stillsteht, also einen Schwebeflug ausführt.

Genau wie eine übliche Luftschraube ergibt der Rotor des Hubschraubers einen Schub, hier die Hubkraft. Der Hubschrauber schwebt am Ort, wenn die Hubkraft und das Gewicht des Hubschraubers gleich groß sind. In Wirklichkeit ist die Hubkraft etwas größer als das Gewicht, denn der Propellerwind unter dem Rotor trifft auf den Rumpf, auf das Rumpfteil zum Heckrotor, auf die Streben des Fahrwerkes und erzeugt eine „Abtriebskraft“. Der Heckrotor sorgt für den Drehmomentenausgleich, sonst würde sich der Rumpf entgegen der Drehrichtung des Hauptrotors drehen.

### 19.2. Der Bodeneffekt

Daß ein Propeller einen Luftstrahl verursacht, ist jedem Modellbauer bekannt, der seine Hand einmal hinter den Propeller gehalten hat. Der Propeller bläst. Auch der Rotor eines Hubschraubers bläst und zwar nach unten. Nähert sich der Hubschrauber dem Boden, zum Beispiel beim Landen, so fließt der Luftstrahl des Rotors nicht mehr allein nach unten ab, sondern mehr oder minder nach der Seite. Es bildet sich ein Luftkissen aus, auf dem der Hubschrauber schwebt. Dieses Luftkissen wird Bodeneffekt genannt. Ohne auf die Aerodynamik des Rotors näher einzugehen, sei hier nur die angenehme Eigenschaft dieses Luftkissens genannt. Bei gleicher Motorleistung kann ein Hubschrauber im Bodeneffekt mehr Gewicht hochheben. Der Bodeneffekt nimmt mit größerem Abstand vom Boden ab. Er reicht etwa mit abnehmender Wirkung bis zu einem Abstand vom Boden, der dem Hauptrotordurchmesser entspricht. Ein für die vor-

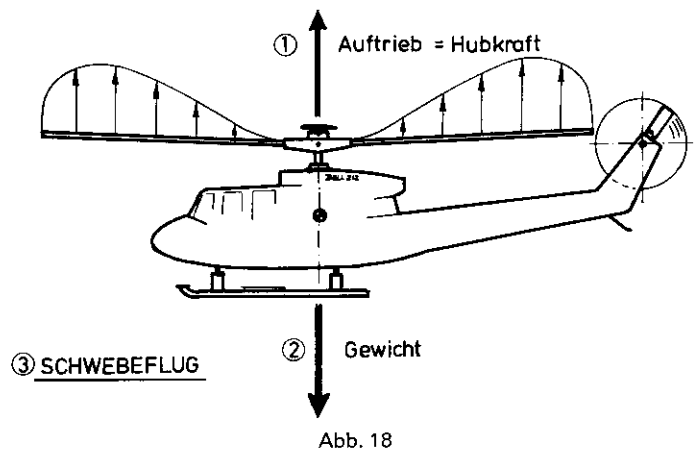


Abb. 18

handene Antriebsleistung zu schwerer Hubschrauber kann nicht über eine „Schwimmhöhe“ im Bodeneffekt hinaussschweben.

### 19.3. Senkrechter Steigflug

Um vom Schwebeflug in den Steigflug überzugehen, muß der Pilot am Motor mehr „Gas“ geben, also die Leistung erhöhen. Die Hubkraft des Rotors nimmt damit zu, der Hubschrauber steigt.

Bei Hubschraubern mit fest eingestelltem Rotorblatteinstellwinkel wird die höhere Hubkraft durch eine höhere Drehzahl des Rotors gewonnen. Diese Art der Hubkraftvergrößerung ist bei einem Modellhubschrauber etwas träge, da erst alle Massen des Schwungrades, des Getriebes und des Rotors vom Motor beschleunigt werden müssen und erst dann, wenn der Rotor auch schneller dreht, sich eine größere Hubkraft ergibt. Mit wachsender Steiggeschwindigkeit muß bei dem Hubschrauber mit konstantem Rotorblatteinstellwinkel auch die Rotordrehzahl weiter zunehmen, damit der Anströmwinkel des Rotorblattes gleich bleibt.

Dagegen kann ein Hubschrauber mit veränderlichem Blatteinstellwinkel, englisch „Pitch“, schneller in den Steigflug gebracht werden. Auch beim Landeanflug ist ein rasches Abfangen durch Einstellwinkeländerung der Hauptrotorblätter möglich. Allgemein ist ein Hubschrauber mit dieser Blatteinstellwinkelverstellung wendiger und daher leichter zu fliegen. Gibt der Pilot bei gleichbleibender Motorleistung etwas mehr Blatteinstellwinkel, so ist im Rotor so viel Drehenergie gespeichert, daß der Hubschrauber einen Sprung nach oben macht, ohne daß er sich wegdreht. Wenn gleichzeitig mit der Vergrößerung des Blatteinstellwinkels die Motorleistung entsprechend gesteigert wird, so bleibt die Rotordrehzahl konstant, es gibt keine Verzögerung durch zu beschleunigende Massen. Natürlich muß bei einer Änderung der Motorleistung und damit des Rotormomentes der Schub am Heckrotor geändert werden, um das Momentengleichgewicht zu wahren. Der große Vorteil der Blatteinstellwinkel-Verstellung ist, daß aus der kinetischen Drehenergie des Hauptrotors Energie zum Abfangen beim Landen oder bei einem Gefahreuzustand entnommen werden kann, ohne daß der Hubschrauber seitlich wegdreht und die Seitenrudersteuerung am Heckrotor betätigt werden muß.

### 19.4. Der senkrechte Abstieg

Der senkrechte Abstieg eines Hubschraubers hat eine Besonderheit. Wird die Sinkgeschwindigkeit des Hubschraubers etwa so groß wie die Geschwindigkeit der durch den Rotor tretenden Luft (etwa gleich der Blasgeschwindigkeit der Luft unter dem Rotor) so kommt der Rotor in den Zustand des sogenannten Wirbelringzustands (siehe Abb. 19).

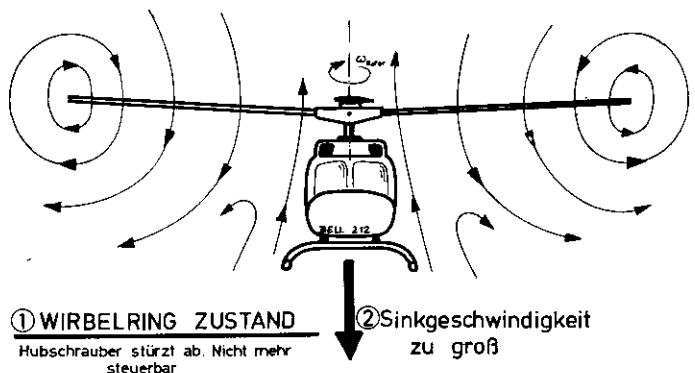


Abb. 19

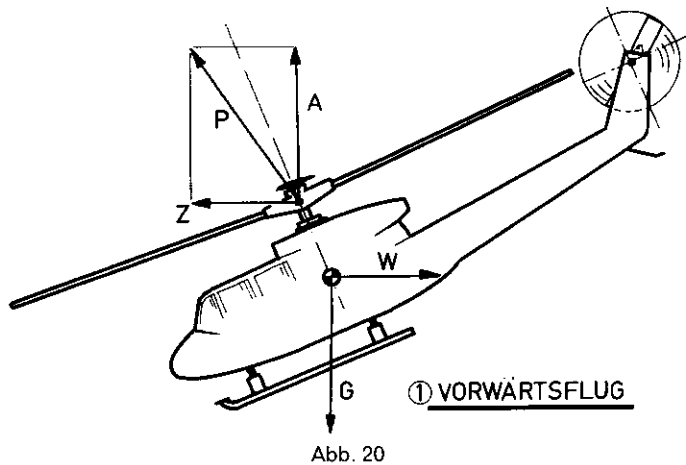


Hierbei kann der Rotor nicht genügend Luft nach unten blasen, da von unten durch das schnelle Senken des Hubschraubers die Luft gegen den Rotor anströmt und sich staut. Der Rotor wird daher kaum noch durchströmt und die Luft strömt außen um den Rotor herum.

Die äußeren Blattpartien werden dadurch von verwirbelter Luft angeströmt und die Strömung um das Profil des Rotorblattes löst sich ab. Die Hubkraft des Rotors wird schnell kleiner und der Hubschrauber stürzt ab. Diese Erscheinung wird vermieden, wenn der Abstieg des Hubschraubers mit Vorwärtsfahrt erfolgt, da dann immer unverwirbelte Luft den Rotor durchströmt. Darum ist ein schnelles Sinken auch bei einem Hubschraubermodell, nur mit Vorwärtsbewegung möglich. Der gefährliche Flugzustand des Wirbelringstadiums kann auch beim Wenden des Hubschraubers von Flug gegen den Wind zum Flug mit dem Wind eintreten, da hier der Wind unter den geneigten Rotor bläst oder der Hubschrauber mit dem Wind ohne Relativgeschwindigkeit gegenüber der Luft fliegt.

### 19.5. Der Horizontalflug

Fliegt ein Hubschrauber mit gleichbleibender Geschwindigkeit im horizontalen Vorwärtsflug so wirken die in der Abb. 20 gezeigten Kräfte auf den Hubschrauber.



Das Gewicht  $G$  zeigt wie immer nach unten. Der Rumpf, der Rotor und das Fahrwerk haben einen schädlichen Widerstand  $W$ , der nach hinten weist. Am Rotor halten wir im Schwebeflug die Hubkraft in Richtung und zusammenfallend mit der Rotordrehachse. Beim Hubschrauber im Vorwärtsflug ist aber die Hubkraftichtung nicht mehr mit der Rotordrehachse identisch. Die Hubkraft, hier als  $P$  bezeichnet, ist gegen die Rotordrehachse geneigt. Dies kommt dadurch weil der Auftrieb an den Rotorblättern während eines Umlaufes nicht konstant bleibt. Geht das Rotorblatt beim Umlauf um die Rotorachse in Flugrichtung nach vorne, so ist die Anströmgeschwindigkeit um die Fluggeschwindigkeit größer, beim Zurückgehen des Rotorblattes um die Fluggeschwindigkeit kleiner. Durch die größere Anströmgeschwindigkeit entsteht am vorwärtsdrehenden Rotorblatt ein größerer Auftrieb. Durch die Überlagerung von Drehbewegung und Vorwärtsbewegung ist also eine unsymmetrische Auftriebsverteilung in der Rotorebene vorhanden. Zerlegt man die Hubkraft des Rotors in zwei Komponenten, so erhält man den Auftrieb  $A$ , der gleich groß wie das Gewicht  $G$  sein sollte und die Vortriebskraft  $Z$ , die dem Zug eines normalen Propellers entspricht. Daß die Zugkomponente  $Z$  nach vorne zeigt, oder in die gewünschte Bewegungsrichtung des Hubschraubers, erreicht man durch mehr oder minder starkes Neigen der Rotorebene aus der Horizontalen.

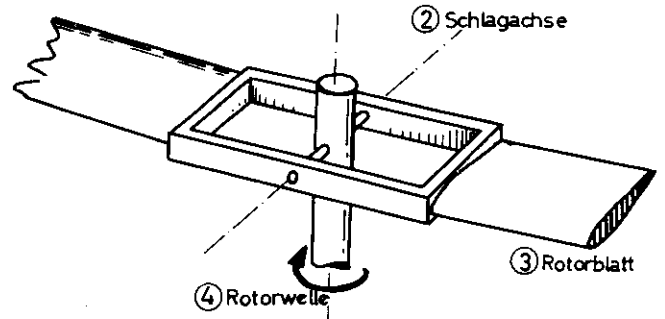
### 19.6. Schlagbewegung der Rotorblätter

Da das in Flugrichtung vorausdrehende Rotorblatt einen größeren Auftrieb erzeugt, wird das Rotorblatt angehoben. Dies würde zu einem Kippen der Rotorachse nach der Seite führen, wenn die Rotorblätter starr an der Rotorwelle befestigt wären. Diese Kippbewegung des Hauptrotors wird vermieden, wenn das Rotorblatt gelenkig, mit einem sogenannten Schlaggelenk, an der Rotorwelle befestigt ist. Bei dem Hubschraubermodell BELL 212 TWIN JET sind beide Rotorblätter starr miteinander verbunden und nur über ein gemeinsames Schlaggelenk an der Rotorwelle befestigt (siehe Abb. 21). Diese Anordnung hat aerodynamische und schwingungstechnische entscheidende Vorteile.

Bewegt sich eines der Rotorblätter nach oben, so wird das andere Rotorblatt bei dieser Konstruktion zwangsweise nach unten bewegt. Durch die Bewegung nach unten wird dieses Rotorblatt mit einem größeren Anstellwinkel angeströmt, so daß sich, wie erwünscht, der

### ① Halbstarrer Rotorkopf

schwingungstechnisch das Günstigste für Modellhubschrauber



Auftrieb trotz der geringen Anströmgeschwindigkeit durch die rückläufige Bewegung des Rotorblattes etwas vergrößert. Die Schlagbewegung der Rotorblätter ist bei diesem Rotorkopf mit starrer Blattverbindung und zentralem Schlaggelenk gering. Deshalb ergeben sich mit dieser Konstruktion auch geringe Schwingungserregungen im Schwebeflug.

Beim Hubschrauber BELL 212 TWIN JET kann man durch verstellbare Andruckrollen aus Gummi die Pendelbewegung der Rotorblätter um die Schlagachse begrenzen oder teilweise aufheben. Dadurch wird je nach Einstellung ein unterschiedliches Flug- und Steuerungsverhalten erreicht.

Die Konstruktion des Rotorkopfes ist bei dem Modellhubschrauber so ausgelegt worden, daß durch die Schlagbewegung nach oben über die Steuerkinematik des verstellbaren Blatteinstellwinkels („variabler Pitch“) eine Einstellwinkelreduzierung ergibt und somit eine Blattrücksteuerung. Der Rotor des Hubschraubermodells läuft daher erstaunlich ruhig und ohne große Schlagbewegung.

Da durch die Schlagbewegung der Rotorblätter sich gleichzeitig auch der Schwerpunkt der einzelnen Rotorblätter zur Rotorachse hin verschiebt, siehe Abb. 22, ergeben sich Kräfte, die man als Coriolis-Kräfte bezeichnet. Diese Kräfte nutzt ein Eiskunstläufer zum Beispiel aus, um eine Pirouette schneller zu drehen. Mit ausgebreiteten Armen holt er Schwung und steigert die Drehzahl durch Anlegen der Arme an den Körper. Physikalisch spricht man von der Erhaltung der Drehenergie.

Je schneller ein Hubschrauber fliegt um so mehr neigt sich die resultierende Rotorkraft  $P$  in Flugrichtung. Die Kraft geht dabei in einem Punkt durch die Rotorachse. Dieser Punkt liegt über dem Schlaggelenk und wird „Neutralpunkt“ genannt, da er seine Höhe über dem Schlaggelenk nur geringfügig ändert.

### 19.7. Hubschrauber im schrägen Steigflug

Ein Hubschrauber benötigt im horizontalen Flug bei etwa 50 % der Höchstgeschwindigkeit die geringste Antriebsleistung. Die überschüssige Leistung kann man in Steigleistung umwandeln. Daher steigt ein Hubschrauber mit geringer Vorwärtsgeschwindigkeit schneller, als im genau senkrechten Steigflug. Auch erreicht ein Hubschrauber im schrägen Steigflug eine größere maximale Flughöhe. Durch eine leichtgängige, verlustarme Mechanik hat das Hubschraubermodell BELL 212 TWIN JET in diesem Flugzustand viel Leistungsüberschuß, so daß Steiggeschwindigkeiten von 5 m/s erzielt werden können.

### ① Coriolis Kräfte durch Schlagbewegung der Rotorblätter

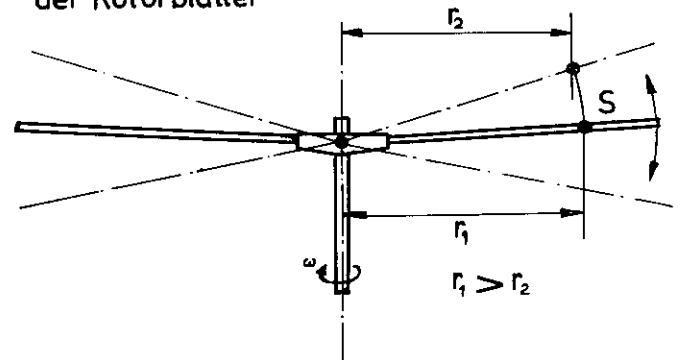


Abb. 22

# ① Modell Bell 212 Twin Jet

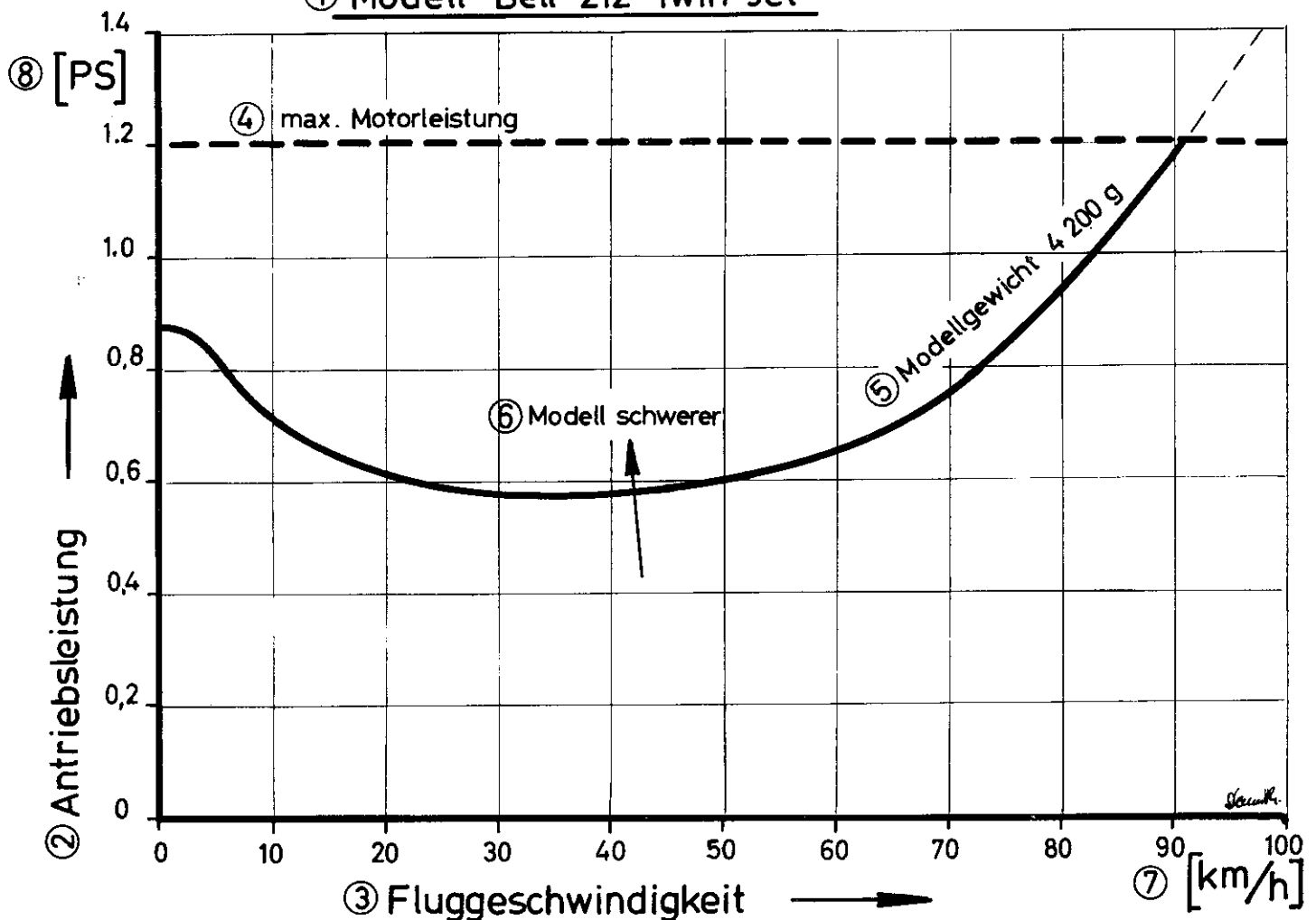


Abb. 23 Flugleistungsdiagramm BELL 212 TWIN JET

## 19.8. Autorotation

Bei einem Motorausfall in geringer Flughöhe von 1—2 m reicht die im Rotor gespeicherte Drehenergie aus, um das Hubschraubermodell zu landen. Aus Höhen über 20 m ist es bei ausgekuppeltem Motor und mit ausreichender Vorwärtsgeschwindigkeit durch Rücknahme des Rotorblatteinstellwinkels (minimale Pitchstellung) möglich, das Hubschraubermodell in Autorotation des Rotors, wie einen Tragschrauber zu landen. Aus Flughöhen zwischen diesen beiden Werten kann das Hubschraubermodell, wie auch Großhubschrauber, nicht abgefangen werden, weshalb ein zuverlässig laufender Motor eine Voraussetzung für bruchfreie Flüge eines Hubschraubermodelles ist.

## 20. Funktionsbeschreibung der Steuerung

Für den praktischen Flugeinsatz des Modelles BELL 212 TWIN JET soll hier für den interessierten Modellbauer die Funktion der Steuerung beschrieben werden. Das Studium dieses Kapitels ergibt sicher die Einsicht, daß die Anordnung und Gestaltung der einzelnen Bauteile höchst sinnvoll, optimal und praxisgerecht ist. Darum ergeben irgendwelche Änderungen an der MECHANIK und an den Bauteilen nur Nachteile. Wie funktioniert nun die Steuerung des Hubschraubermodelles BELL 212 TWIN JET?

Wenn ein Hubschrauber im Schwebeflug fliegt, so sollte der Schwerpunkt des Fluggerätes genau in der Richtung Hauptrotorwelle liegen. Wie gezeigt, liegt in diesem Flugzustand der Angriffspunkt der Hubkraft des Rotors genau in der Rotorwellenachse. In den seltensten Fällen wird aber der Schwerpunkt genau in der Rotorwellenachse liegen, so daß der Hubschrauber mehr oder minder schnell kippen würde. Dieses labile Gleichgewicht kann nur erhalten werden, wenn durch Steuern des Piloten die resultierende Rotorhubkraft durch den Schwerpunkt gehend gehalten wird. Wenn der Hubschrauber durch eine Windbö einen Bewegungsstoß erfährt und nach irgend einer

Seite langsam wegschwimmt, so wandert die Richtung der Hubkraft wie gezeigt beim horizontal fliegenden Hubschrauber in Flugrichtung aus und geht dann ebenfalls nicht mehr durch den Schwerpunkt.

Durch die Steuerung wird nun die resultierende Rotorhubkraft um den Neutralpunkt geschwenkt. Zu diesem Zweck wurde bei dem Hubschraubermodell BELL 212 TWIN JET eine sogenannte zyklische Blatteinstellwinkel-Steuerung verwendet. Dabei wird der Einstellwinkel der Rotorblätter während einer halben Rotorwellendrehung vergrößert und während der nächsten halben Umdrehung verkleinert. Die Blätter führen dadurch eine Schlagbewegung aus. Immer an der gleichen Stelle wird der Blatteinstellwinkel vergrößert oder verkleinert. Die Umlaufebene der Rotorblätter schwenkt. Dabei schwenkt auch die resultierende Rotorkraft um den Neutralpunkt und geht, wenn die richtige neue Umlaufebene der Rotorblätter erreicht ist, genau durch den Schwerpunkt.

Diese periodische Blatteinstellwinkeländerung erfolgt mit einer Taumelscheibe, die über die Funkfernsteuerung geneigt wird. Die Hauptrotorblätter sind nicht direkt an der Taumelscheibe angelenkt, sondern nur zwei Steuerrotorblätter. Diese Steuerrotorblätter nehmen zunächst eine neue Umlaufebene ein. Es wird so lange der Einstellwinkel dieser Steuerrotorblätter periodisch geändert, bis die Neigung der Taumelscheibe der Neigung der Umlaufebenen der Steuerrotorblätter entspricht. An dem Lagerungsrahmen der Steuerrotorblätter lenken nun über einen Hebelmechanismus die Hauptrotorblätter an und werden in ihrem Einstellwinkel gesteuert. Diese Art der Steuerung wird im Hubschrauberbau von den Firmen Bell und Hiller verwendet. Bei schweren Hilfsrotorblättern wirken diese als eine Art Kreiselstabilisierung und gleichzeitig durch die profilierte Ausbildung als aerodynamische Kraftverstärker und Bewegungsdämpfer. Die Kraftverstärkung ist notwendig, um nicht die Steuerservos der Fernlenkanlage zu überlasten. Die aerodynamische Dämpfung ist sehr erwünscht, da sonst das Hubschraubermodell zu heftig und zu schnell auf Steuerkommandos reagieren würde.

Bei der Konstruktion des Modellhubschraubers wurde durch Optimieren von Rotorblattgewicht, Steuerrotorgröße, Gestängeabmes-

sungen und Gestängestellung die für einen Modellhubschrauber ausgezeichnete Fluglagenstabilität erreicht. Trotzdem spricht das Modell schnell auf Steuerkommandos an.

Seite 10 zeigt eine Explosionszeichnung des Rotorkopfes. Die Rotorwelle (8) ist drehfest mit dem Zentralstück (34) gekuppelt. Der nach vorne zeigende Zapfen ist das Schlaggelenk für die beiden Brückenträger (37) die die Blattlager (36) halten, und in denen drehbar die Hauptrotorblätter auf speziellen Kugel- und Nadellagern gelagert sind. Durch eine Aussparung in den Brückenträgern (37) gehen die Blatteinstellwinkelverstellhebel (35) für die Rotorblätter hindurch. Am Ende der Hebel (35) lenken Stoßstangen an. Das andere Ende dieser Stoßstangen endet an waagebalkenartigen Mischhebeln (32), die in einem schwenkbaren Wippenrahmen (31) sich um Zapfen (54) drehen können. In den Schlitz der Mischhebel (32) greifen Zapfen eines Schiebbestückes (27) ein. Das Schiebbestück (27) sitzt axial fixiert auf der Pitchbetätigungsstange (20), die zentrisch in der Rotorwelle (8) steckt. In dem Wippenrahmen (31) sind die Steuerrotorblätter (30) mit der gemeinsam durchgehenden Welle (29) und Führungsrohr drehbar gelagert. Der Einstellwinkel der Steuerrotorblätter wird über eine Stoßstange von der Taumelscheibe aus am Hebel (28) zyklisch gesteuert. Der Wippenrahmen ist durch die Bolzen (54) am Zentralstück (34) kippbar gelagert.

Betrachtet man zunächst den Steuervorgang bei festgehaltener Pitchstange: Durch die Fernsteuerung wird die Taumelscheibe (24) gegenüber der Rotorumlaufebene geneigt. Dadurch werden die Einstellwinkel der Steuerrotorblätter (30) zyklisch geändert. Die Umlaufebene der Steuerrotorblätter neigt sich und der Wippenrahmen (31) ebenfalls. Über die Mischhebel (32) und die Stoßstangen zum Hebel (35) werden dadurch die Einstellwinkel am Hauptrotor periodisch geändert.

Der Hauptrotor steuert sich damit in eine neue Umlaufebene. Dies geschieht so lange, bis die Taumelscheibenebene und die Rotorebenen des Steuer- und Hauptrotors miteinander übereinstimmen.

Wird nun die Pitchbetätigungsstange (20) in der Rotorwellenachse verschoben, so werden über das Schiebbestück (27) die Mischhebel (32) geneigt und über die Stoßstangen und Hebel (35) der Einstellwinkel der Hauptrotorblätter gleichsinnig, d. h. kollektiv, geändert. Bei dieser Steuerkinematik kann die zyklische Blatteinstellwinkelsteuerung auf die kollektive Einstellwinkeländerung beliebig aufgeschaltet werden.

Mit dem Heckrotor wird das Antriebsmoment des Hauptrotors ausgeglichen. Gleichzeitig kann man durch Änderung des Einstellwinkels der Heckrotorblätter einen Seitenrudereffekt erreichen und den Hubschrauber im gewünschten Sinne drehen. Zur Vereinfachung der Steueranlage und der Steuerbetätigung ist mit der kollektiven Hauptrotor-Blattsteuerung das Drosselkükken im Vergaser des Motors gekoppelt: Vollgasstellung mit größtem Blatteinstellwinkel, Leerlauf mit kleinstem Blatteinstellwinkel.

5/73  
Aufl. 9/73/1

Teil-Nr.	Benennung	Anzahl	Material	Abmessung in mm
9	Lager	1	Kunststoff/ Stahl	Fertigteil
10	Oberes Rotorwellenlager	1	Kunststoff/ Stahl	Fertigteil
11	Kupplungsmuffe	1	Aluminium	Fertigteil
12	Kupplungsmuffe	1	Aluminium	Fertigteil
13	Kegelradritzel	1	Stahl	Fertigteil
14	Einstellschraube	1	Stahl	M 4 x 20
15	Kontermutter	1	Stahl	M 4
16	Kontermutter	1	Stahl	M 6
17	Gegenlagerbock	1	Aluminium	Fertigteil
18	Ansatzschraube	1	Stahl	Fertigteil
19	Federscheibe	1	Stahl	Fertigteil
20	Pitchbetätigungsstange	1	Stahl	Fertigteil
21	Röhrchen	1	Messing	Fertigteil
22	Führungskulisse	1	Kunststoff	Fertigteil
23	Pitchbetätigungshebel	1	Aluminium	Fertigteil
24	Taumelscheibe	1	Aluminium/ Stahl	Fertigteil
25	Mitnehmerhebel	1	Kunststoff	Fertigteil
26	Blatthalter	2	Kunststoff	Fertigteil
27	Schiebestück	1	Kunststoff	Fertigteil
28	Verstellhebel	1	Stahl	Fertigteil
29	Führungsrohr	1	Stahl	Fertigteil
30	Steuerrotorblätter	2	Kunststoff/ Stahl	Fertigteil
31	Wippenrahmen	1	Kunststoff	Fertigteil
32	Mischhebel	2	Stahl	Fertigteil
33	Ansatz-Lagerschraube	2	Stahl	Fertigteil
34	Zentralstück	1	Kunststoff	Fertigteil
35	Blatteinstellwinkel-Verstellhebel	2	Stahl	Fertigteil
36	Blattlager	2	Aluminium	Fertigteil
37	Brückenträger	2	Aluminium	Fertigteil
38	Kupplungsglocke	1	Aluminium	Fertigteil
39	Kupplungsbacken	2	Kunststoff	Fertigteil
40	Schwungscheiben-Befestigungsmutter	1	Stahl	Fertigteil
41	Heckrotor-Winkeltrieb	1	—	Fertigteil
42	Blattanschlußnabe	1	Messing	Fertigteil
43	Pitchbetätigungsbrücke	1	Kunststoff	Fertigteil
44	Stelling für Heckrotor	2	Stahl	Fertigteil
45	Stelling für Steuerrotor	3	Stahl	Fertigteil
46	Andruckrolle, kompl.	2	—	Fertigteil
47	Befestigungsschraube/ Mutter für Blatthalter, Hauptrotorblatt	2	Stahl	Fertigteil

Änderungen, die dem technischen Fortschritt dienen, vorbehalten.

## 21. Stückliste MECHANIK, BELL212 TWIN JET

In der Stückliste MECHANIK sind nochmals die Teile zusammengefaßt, die in der Anleitung, Ersatzteilliste bzw. Explosionsdarstellungen mit Pos.-Nr. gekennzeichnet wurden.

### Achtung!

Die Stückliste führt wegen der Übersichtlichkeit nicht vollständig alle Teile der verschiedenen Baugruppen auf!

Teil-Nr.	Benennung	Anzahl	Material	Abmessung in mm
1	Inbusschraube	1	Stahl	M 3 x 8
2	Andruckwelle	1	Stahl	Fertigteil
3	Zwischenlager	1	Kunststoff	Fertigteil
4	Kunststoffzahnrad	1	Kunststoff	Fertigteil
5	Aluminiumrohr	1	Aluminium	Fertigteil
6	Lagerplatine	1	Aluminium	Fertigteil
7	Lagerplatine	1	Aluminium	Fertigteil
8	Hauptrotorwelle	1	Stahl	Fertigteil

### 21.1. Der Schnellbausatz MECHANIK enthält folgende fertig montierte Baugruppen

- 1 Einbaufertig montiertes Antriebsaggregat einschließlich Motor HB 61 STAMO mit Radial-Kühlgebläse und Spezial-Schalldämpfer, Best.-Nr. 1546, Spezial-Schwungscheibe, automatische Fliehkraftkupplung und Hauptrotorgetriebe.
- 1 Einbaufertig montierter Rotorkopf mit kollektiver Blattverstellung
- 2 Steuerrotorblätter
- 1 Einbaufertig montierte Hauptrotorwelle mit Lagerung, Taumelscheibe, Pitchbetätigungsstange.
- 1 Einbaufertig montiertes Heckrotorgetriebe

#### Weiter enthält der Schnellbausatz:

- 1 Einstell-Lehre für Hauptrotorblätter
- 1 Pitch-Hebel (23)

Dem Schnellbausatz MECHANIK liegen Kunststoffbeutel mit Kleinteilen bei, die mit Großbuchstaben A, B, C, D, E gekennzeichnet sind.

Jeder Beutel hat die für eine bestimmte Baugruppe bzw. Baugruppen erforderlichen Kleinteile.

Die folgende Aufstellung gibt den Inhalt der einzelnen Beutel und den Verwendungszweck der Kleinteile wieder.

## 21.2 Tabelle über den Inhalt der Verpackungsbeutel

Beutel	Verwendungszweck	Teil-Nr.	Inhalt	Anzahl	Bemerkungen
<b>A</b>	Vergaserdüse des Triebwerkes	—	Düsenadelverlängerungsrippel	1	
	Montagearbeiten	—	Gabelschlüssel SW 5,5—SW 6	1	
		—	Sechskantstiftschlüssel SW 1,5	1	
		—	Sechskantstiftschlüssel SW 2,5	1	
		—	Überlanger Bohrer $\varnothing$ 5 x 130 mm	1	
	Für das Bohren der Löcher für die Einschlagmutter zum Befestigen des Maschinenaggregates	—	Überlanger Bohrer $\varnothing$ 5 x 130 mm	1	
Zum Auswuchten der Heckrotorblätter	—	Balancierflasche	2		
<b>B</b>	Zum Führen des Pitchhebels	22	Pitch-Kulisse	1	Die 2 Schrauben M 2,6 x 10, v. Best.-Nr. 705/10, und die 2 Einschlagmutter M 2,6 v. Best.-Nr. 728/26 zur Befestigung der Pitch-Kulisse (22) sowie die 4 Einschlagmutter M 3, v. Best.-Nr. 728/3 zur Befestigung des Hauptrotorwellenlagers (10) sind im Schnellbaukasten ZELLE, Best.-Nr. 4600 enthalten.
	Zur Befestigung des oberen Hauptrotorwellenlagers (10)	—	Inbus-Schraube M 3 x 8	4	
<b>C</b>	Zum Befestigen des Antriebsaggregates auf den Längsspannen	—	Zylinderkopfschraube M 4 x 20	10	Die 10 Einschlagmutter M 4, Best.-Nr. 728/4 sind im Schnellbaukasten ZELLE, Best.-Nr. 4600 enthalten.
		—	Fächerscheibe J 4,3	10	
<b>D</b>	Zum Befestigen des Heckrotorgetriebes an der Seitenflosse	—	Zylinderblechschraube A 2,2 x 13	4	
		—	Unterlegscheibe 7/2,5 $\varnothing$ x 0,8	4	
<b>E</b> Best.-Nr. 88	Ersatzteile	—	Gewindestifte M 3 x 3 (4)	3	
		—	STOP-Mutter M 3	3	
		—	Fächerscheibe J 3,2	3	
		—	Kugelgelenk	2	
		—	Schraube für den Antriebsmotor	3	
		—	Schalldämpfer-Befestigungsschraube	1	
		—	Gewindestift für Vergaser	1	
		—	Inbusschraube M 3 x 18	3	
		—	Inbusschraube M 3 x 25	2	
		—	Inbusschraube M 3 x 30	1	
		—	Inbusschraube M 3 x 8	2	
—	Fächerscheibe für M 3,5	2			
—	Zylinderkopfschraube M 3,5 x 12	2			

## 22. Ersatzteil-Baugruppen aus dem Schnellbausatz MECHANIK

Best.-Nr.	Stück bzw. Satz	Benennung	Best.-Nr.	Stück bzw. Satz	Benennung
81	1	Rotorkopf, <b>komplett</b> montiert	85/4	1	Gestängesatz
81/1	1	Blattlager, <b>komplett</b> montiert (35), (36) usw.	86/1	1	Heckrotor-Winkeltrieb, <b>komplett</b> montiert (41)
81/2	2	Andruckrollen, mit Befestigungsteilen (46)	86/2	1	Heckrotorkopf, <b>komplett</b> montiert mit Pitchbetätigung (42), (43), (44) usw.
81/3	1	kompletter Hebelsatz für Hauptrotor (27), (32), (33) usw.	86/21	1	Pitchbetätigungsbrücke (43)
81/4	1	Kunststoffblatthalter mit eingebauter Welle	86/3	2	Heckrotorwellen-Kupplungsstücke mit Gewindestifte (11), (12)
84	1 Paar	Steuerrotorblätter	87/1	1	Motor mit Schwungscheibe
85	1	Hauptrotorwelle	87/2	1	Kupplung, <b>komplett</b> (38/39)
85/1	1	Oberes Rotorwellenlager, mit Befestigungsschrauben (10)	87/3	1	Zwischenlager, <b>komplett</b> (3)
85/2	1	Taumelscheibe, <b>komplett</b> mit Mitnehmer (24), (25)	87/31	1	Andruckrolle mit Befestigungsschraube (2)
85/21	1	Taumelscheiben-Mitnehmer, <b>komplett</b> (25)	87/32	1	Pitchlagerbock, <b>komplett</b> (18, 19, 20, Mutter)
85/3	1	Pitchbetätigung, <b>komplett</b> (20, 21, 23 usw.)	87/4	1	Unteres Hauptrotorwellenlager, <b>komplett</b> (9)
			87/5	1	Keilriemen 6 x 450 mm