I n h a l t s v e r z e i c h n i s

der Lehrmappe - Technik - für Flugzeugführer

Z - 42

Triebwerk	Komplex I	Seite ..... bis .....
Zelle	Komplex II	Seite ..... bis .....
Geräteausrüstung	Komplex III	Seite ..... bis .....
Elektroausrüstung	Komplex IV	Seite ..... bis .....
Funkausrüstung	Komplex V	Seite ..... bis .....

I

Triebwerk M 137A/AZ

Triebwerk des Ausbildungsflugzeuges

M 137 A / AZ

Gliederung

1. Arten und Anforderungen an Flugtriebwerke
1.1. Arten
1.2. Anforderungen

2. Charakteristik des Triebwerkes M 137 A / AZ

3. Technische Daten, Leistungsstufen, Betriebsparameter, Maße und Gewichte
3.1. Technische Daten
3.2. Leistungsstufen
3.3. Betriebsparameter
3.4. Maße und Gewichte

4. Luftschraube V 503 A
4.1. Aufgabe
4.2. Konstruktion
4.3. Arbeitsweise
4.4. Befestigung

5. Konstruktion des Triebwerkes M 137 A / AZ
5.1. Kurbelgehäuse
5.2. Kurbelwelle
5.3. Pleuel
5.4. Kolben
5.5. Zylinder und Zylinderköpfe
5.6. Ventilsteuerung
5.7. Ventile

6. Aggregate des Triebwerkes
6.1. Zündmagnete
6.2. KS-Einspritzpumpe
6.3. Schmierstoffpumpe
6.4. Anlasser
6.5. Generator
6.6. Drehzahlgeber

7. Feuerlöschsystem

8. Inbetriebnahme des Triebwerkes
8.1. Vorbereitung zum Anlassen
8.2. Kommandos vor dem Anlassen
8.3. Anlassen
8.4. Warmlaufen
8.5. Probelauf
8.6. Abkühlen und Abstellen
8.7. Abbremsdiagramm

1. Arten und Anforderungen an Flugzeugtriebwerke

1.1. Arten

- TL - TW
- PTL - TW
- Staustrahltriebwerke
- Raketentriebwerke
- Kolbentriebwerke
  - Reihenmotore-stehend und hängend
  - Sternmotore-einfach und doppelt
  - Boxermotore
  - V - Motore
  - Gegenkolbenmotor

1.2. Anforderungen

- Hohe Betriebssicherheit
- Geringe Außenmaße
- Geringe Gewichte
- Geringer Treibstoffverbrauch (relativ)
- Geringe Lärmentwicklung
- Lange Lebensdauer
- Wartungsarm

2. Charakteristik des Triebwerkes M 137 A / AZ

Das Triebwerk M 137 A ist ein 6-Zylinder-Viertakt-Otto-Reihenmotor mit hängenden Zylindern. Er wird luftgekühlt. Die LS ist direkt auf der Kurbelwelle befestigt. Es ist ein Einspritzmotor mit indirekter Einspritzung. Der Gaswechselvorgang wird durch eine auf den Zylinderköpfen gelagerte Nockenwelle gesteuert. Das KS-System und die Einspritzpumpe sind so ausgelegt, daß das Triebwerk in allen Fluglagen einwandfrei arbeitet. Eine Regeleinrichtung gestattet dem Piloten, von der Kabine aus das Kraftstoff-Luftgemisch zu regulieren. Desweiteren ist das TW mit einer Trockensumpfumlaufschmierung, einem elektrischen Anlasser, zwei Magneten sowie einem Generator zur Speisung des Bordnetzes ausgerüstet.

Zur Verbesserung des Anlaßprozesses wird über eine KS-Handpumpe zusätzlich KS in die Ansaugrohrleitungen eingespritzt. Desweiteren erfolgt eine automatische Anreicherung des KS-Luftgemisches durchServoregelung der Einspritzpumpe beim Anlassen und bei Abfall des SS-Druckes unter 0,1 atü.
Das AZ - TW unterscheidet sich vom A - TW durch:

- Veränderten Ansaugkrümmer, welcher die Frischluft aus dem hinteren Bereich des TW über einem Papierfilter ansaugt.
- SS-Rücklauf vom Steuergehäuse geändert.

3. Technische Daten, Leistungsstufen, Betriebsparameter, Maße und Gewichte

...

3.1. Technische Daten

Zahl der Zylinder und Anordnung:		6 in Reihe hängend
Bohrung	:	105 mm
Hub	:	115 mm
Gesamthubraum	:	5,97 Ltr.
Verdichtungsverhältnis	:	6,3 : 1
Drehsinn der Kurbelwelle	:	links

...

3.2. Leistungsstufen

Regime	PS	Drehzahl U/min	gr/PS/Std. spez.KS-Verbr.	Ladedruck At
Startleistung max. 5 min.	180 ± 2,5%	2750 ± 3%	235 $^{+10}_{-5}$ gr.	1o2
Höchstdauerleistg	160 ± 2,5%	2680 ± 3%	230 $^{+10}_{-5}$ gr.	o,956
Höchste Reiseleistg.	140 ± 2,5%	2580 ± 3%	225 $^{+10}_{-5}$ gr.	o,89
Höchste Reise-Leistg. mit Spargemisch	140 ± 2,5%	2580 ± 3%	2o5 $^{+10}_{-5}$ gr.	

Max. zulässige Drehzahl kurzfristig 286o U/min.

3.3. Betriebsparameter

KS - Einspritzpumpe	:	3,4 - 3,6 At (wird nicht gemessen)
KS - Normaldruck	:	o,3 - o,4 At
KS - Mindestdruck	:	o,1 At

SS - Normaldruck	:	3,5 - 4,o At
SS - Mindestdruck im Leerlauf	:	1,8 bei 6o °C SS-Temperatur 1,2 bei 85 °C SS-Temperatur
Niedrigste betriebssichere Öldruckgrenze	:	2,5 At

SS - Minimaltemperatur für Motorprüfung	:	25 °C
SS - Betriebstemperatur	:	4o - 8o °C
SS - Höchsttemperatur	:	85 °C

Die SS-Temperatur kann mittels Ölkühlerjalousie geregelt werden.

Zylinderkopftemperaturen:

TW Mindesttemperatur für Gleitflug	:	7o °C
TW Betriebstemperatur	:	14o - 185 °C
TW Höchsttemperatur max 5 Min.	:	21o °C

Die Mindesttemperatur im Gleitflug muß durch erhöhen der Drehzahl gehalten werden.

3.4. Maße und Gewichte

Länge ca	1,3 m
Breite ca	o,45 m
Höhe ca	o,6o m

Gewicht des Triebwerkes mit Aggregaten: ca. 15o kg

4. Luftschraube V 5o3 A

4.1. Aufgabe

Die zur Fortbewegung des Flugzeuges nötige Schubkraft erzeugen.

4.2. Konstruktion

Die LS ist in Ganzmetallbauweise hergestellt. Ihre Hauptteile sind:

- Nabe
- Servomechanismus mit Ölzahnradpumpe
- Blattlagerung
- 2 Luftschraubenblätter
- Luftschraubenhaube
- Windmühle

4.3. Arbeitsweise

Die LS V 5o3 A ist eine automatisch, autonom (ohne Energiezuführung vom TW bzw. fremder Betätigungsimpulse) arbeitendes Aggregat. Der Antrieb der Ölzahnradpumpe erfolgt durch das Drehmoment der Luftschraube und der anströmenden Luft auf die Windmühle. Letztere ist über den Regeldorn mit der Ölzahnradpumpe verbunden. Der von der Ölzahnradpumpe erzeugte Druck wird zur Verstellung der LS-Blätter genutzt. In Abhängigkeit der Geschwindigkeit des Flugzeuges entsteht an der Windmühle ein Staudruck, welcher den Regeldorn betätigt und somit die Verstellung auf großen Schritt bewirkt.
Bei Verringerung der Geschwindigkeit des Flugzeuges verläuft der Prozeß in entgegengesetzter Richtung.
Bis zu einer Geschwindigkeit von 8o km/h arbeitet die V 5o3 A als starre Luftschraube.

4.4. Befestigung

Die Luftschraube wird mit 6 Stehbolzen und Kronenmuttern auf den Luftschraubenflansch, welcher direkt auf der Kurbelwelle sitzt, befestigt.

5. Konstruktion des TW M 137 A / AZ

5.1. Kurbelgehäuse

Das Kurbelgehäuse besteht aus dem eigentlichen Gehäuse, dem oberen und vorderen Deckel sowie dem Drucklagerdeckel.
Diese Bauteile sind aus einer Elektronlegierung gegossen. Das Kurbelgehäuse ist mit doppelten Querwänden versehen, in denen die Lager der Kurbelwelle angeordnet sind. An jeder Seitenwand des Gehäuses befinden sich zwei Flansche zur Befestigung des TW am TW-Rahmen. An der Unterseite des TW-Gehäuses befinden sich sechs Flansche zur Aufnahme der Zylinder. An den übrigen Flanschen werden die Aggregate des TW befestigt.

5.2. Kurbelwelle

Die 6 x gekröpfte Kurbelwelle ist ein Schmiedestück aus Spezialstahl. Die ganze KW ist axial durchbohrt. Über diese Bohrungen werden die Pleuelfüße von den Hauptlagern der KW aus geschmiert. Die ganze KW ist 7 x in Bleibronzelagern und 1 x im Kugellager (Stütz- und Drucklager) gelagert. Das vordere KW - Ende ist keglig und mit einem Keil versehen, welches zur Aufnahme der Luftschraubennabe dient.

5.3. Pleuel

Die Pleuel sind aus einer Alulegierung geschmiedet und haben im Schaft ein I - Profil. Der zweiteilige Pleuelstangenfuß wird mittels zwei Schrauben auf dem Kurbelzapfen befestigt. Der Pleuelstangenkopf dient zur Aufnahme des Kolbenbolzens.

5.4. Kolben

Die Kolben sind aus einer Alulegierung geschmiedet. Sie haben je zwei Kompressionsringe und zwei messerförmige Ölabstreifringe in einer gemeinsamen Nut.

5.5. Zylinder und Zylinderköpfe

Die Zylinder und die äußeren Kühlrippen bestehen aus Stahl und haben eine geschliffene Laufbuchse. Die abnehmbaren dichtgerippten Zylinderköpfe sind aus einer speziellen Alulegierung gegossen. Sie nehmen zwei Ventile und zwei Zündkerzen in sich auf, Desweiteren sind zwei Kanäle für dieFrischgas- bzw. Abgasführung eingegossen. Der Kopf wird auf den Zylinder aufgesetzt und mittels einer Kupferasbestdichtung abgedichtet. Beide Bauteile werden mit vier Stehbolzen und Muttern am Kurbelgehäuse befestigt.

5.6. Ventilsteuerung

Sie hat die Aufgabe, den Gaswechselvorgang im Zylinder zu steuern. Durch die Nocken der Nockenwelle wird ein Hub erzeugt, der über die Kipphebel auf die Ventile übertragen wird. Das Schließen der Ventile besorgen zwei Druckfedern. Die Nockenwelle selbst ist auf den Zylinderköpfen montiert und wird über eine Königswelle angetrieben.

5.7. Ventile

Im jedem Zylinderkopf befindet sich je ein Einlaß- und ein Auslaßventil. Letzteres ist mit Natrium gefüllt.

Ventilspiel:	Einlaß	0,25 mm
	Auslaß	0,4 mm

6. Aggregate des Triebwerkes

6.1. Zündmagnete

Sie haben die Aufgabe, eine Spannung von 15.000 - 20.000 Volt zu induzieren und diese wiederrum zum Zwecke der Entzündung des Kraftstoffluftgemisches, über eine Zündkerze zu entladen. Aus Sicherheitsgründen ist jedes Triebwerk mit zwei Zündmagneten ausgerüstet.

6.2. KS - Einspritzpumpe

Sie hat die Aufgabe, das TW in jeder Fluglage und zum richtigen Zeitpunkt mit einer dosierten Kraftstoffmenge zu versorgen. Von der Kabine aus kann das KS-Luftgemisch angereichert werden. Die Einspritzung erfolgt über Leitungen und Einspritzdüsen in die Ansaugkrümmer. In der KS-Einspritzpumpe befindet sich eine Förderpumpe, welche den KS aus dem System zur Einspritzpumpe fördert. Eine Regeleinrichtung hält den Druck in den vorgeschriebenen Betriebsparametern.

6.3. Schmierstoffpumpe

Es ist eine doppelte Zahnradpumpe, welche das TW in jeder Fluglage mit ausreichendem Schmierstoff und dem entsprechenden SS-Druck versorgt. Die Saugstufe hat eine größere Förderleistung als die Druckstufe. Letztere befördert den SS aus dem TW über den Ölkühler in den SS-Behälter zurück. Die vorhandene Regeleinrichtung gestattet es, den Betriebsdruck auf die entsprechenden Betriebsparameter zu regulieren.

6.4. Anlasser

Der Anlasser hat die Aufgabe, das TW beim Anlaßvorgang durchzudrehen. Er ist ein Elektromalasser mit einem Planetengetriebe.

6.5. Generator — Pasives Aggregat

6.6. Drehzahlgeber — Pasives Aggregat

7. Feuerlöschsystem

Das im Flugzeug Z-42 installierte Feuerlöschsystem besteht aus einem Tetra-Löscher (1 Liter) mit Druckmanometer und Absperrventil, den Rohrleitungen und den Sprühdüsen. Der Betriebsdruck beträg-t 8 - 10 atü. Die Sprühdüsen sind auf die Einspritzpumpe und die Filter-Brandhahnarmartur gerichtet. Bei Betätigen des Griffes in der Kabine (roter Griff) wird das Löschmittel zu den Düsen freigegeben. Nach dem Loslassen wird der Löschmittelzufluß wieder unterbrochen.

8. Inbetriebnahme des Triebwerkes

8.1. Vorbereitung zum Anlassen

- Maschine gegen den Wind eindrehen
- Bremsklötze vor die Räder des Hauptfahrwerkes
- Feuerlöscher an die rechte Tragfläche
- Eine Aufsichtsperson an die Tragfläche

8.2. Kommandos vor dem Anlassen

Pilot: Zündung aus, Luftschraube durchdrehen !
(außenstehende Person dreht Luftschraube durch, dabei spritzt der Flugzeugführer KS in den Ansaugkrümmer)

Pilot: Luftschraube frei ?

Person an TF: Luftschraube ist frei

8.3. Anlassen

- Drosselhebel ca. 1o - 15 mm verschieben
- Hauptschalter einschalten
- KS-Hahn auf linken Behälter
- Schalter 1, 2, 3 und 5 einschalten
- Zündschalter auf Stellung 1 + 2
- Anlaßknopf betätigen (max. 1o sek.)

8.4. Warmlaufen

Das TW springt bei 8oo U/min an. Anschliessend wird die Drehzahl sofort auf Leerlauf zurückgenommen und der SS-Druck kontrolliert. Nach diesen Tätigkeiten wird die Drehzahl auf 1ooo U/min allmählig erhöht. Nach 2 - 3 min wird die Drehzahl allmählig auf 15oo U/min erhöht und das Triebwerk solange angewärmt bis die SS-Temperatur 3o ^{o} C und die Zylinderkopftemperatur mindestens 12o ^{o}C beträgt. Nun wird die Drehzahl auf 17oo U/min erhöht und die Generatorprobe durchgeführt. Danach wird der Aku abgeschälten und die Anzeige auf dem VA - Meter kontrolliert (26 - 28 V bzw. Ladestrom muß angezeigt werden). Die rote Ladekontrolllampe muß bei 18oo U/min erlöschen.

8.5. Probelauf

Der Drosselhebel wird allmählig auf Volllast geschoben, dabei muß die Drehzahl auf 254o U/min ± 3o ansteigen. Durch Umschalten der Zündmagneten von der Stellung 1 + 2 auf 2 wird der Magnetabfall ermittelt (3o - 5o U/min muß Abfall vorhanden sein).
Danach wird auf 1 + 2 zurückgeschaltet und das gleiche mit dem Zündmagnet Nr. 1 durchgeführt. Desweiteren wird der KS - und SS-Druck kontrolliert. Die Volllastprobe darf nicht länger als 1o sek andauern. Der Drehzahlbereich 2ooo - 21oo U/min muß schnell überschritten werden.
Anordnung der Zündmagneten M 1 - rechts; M 2 - links.
Die Drehzahl wird nun auf Leerlauf verringert, es werden die vorgegebenen Betriebsparameter entsprechend dem Abbremsdiagramm kontrolliert. Zur Durchführung der Reaktionsprobe wird nun der Drosselhebel binnen 2 - 3 sek. auf Volllast geschoben. Das TW muß dabei gut beschleunigen, es darf nicht spucken, schütteln usw. .

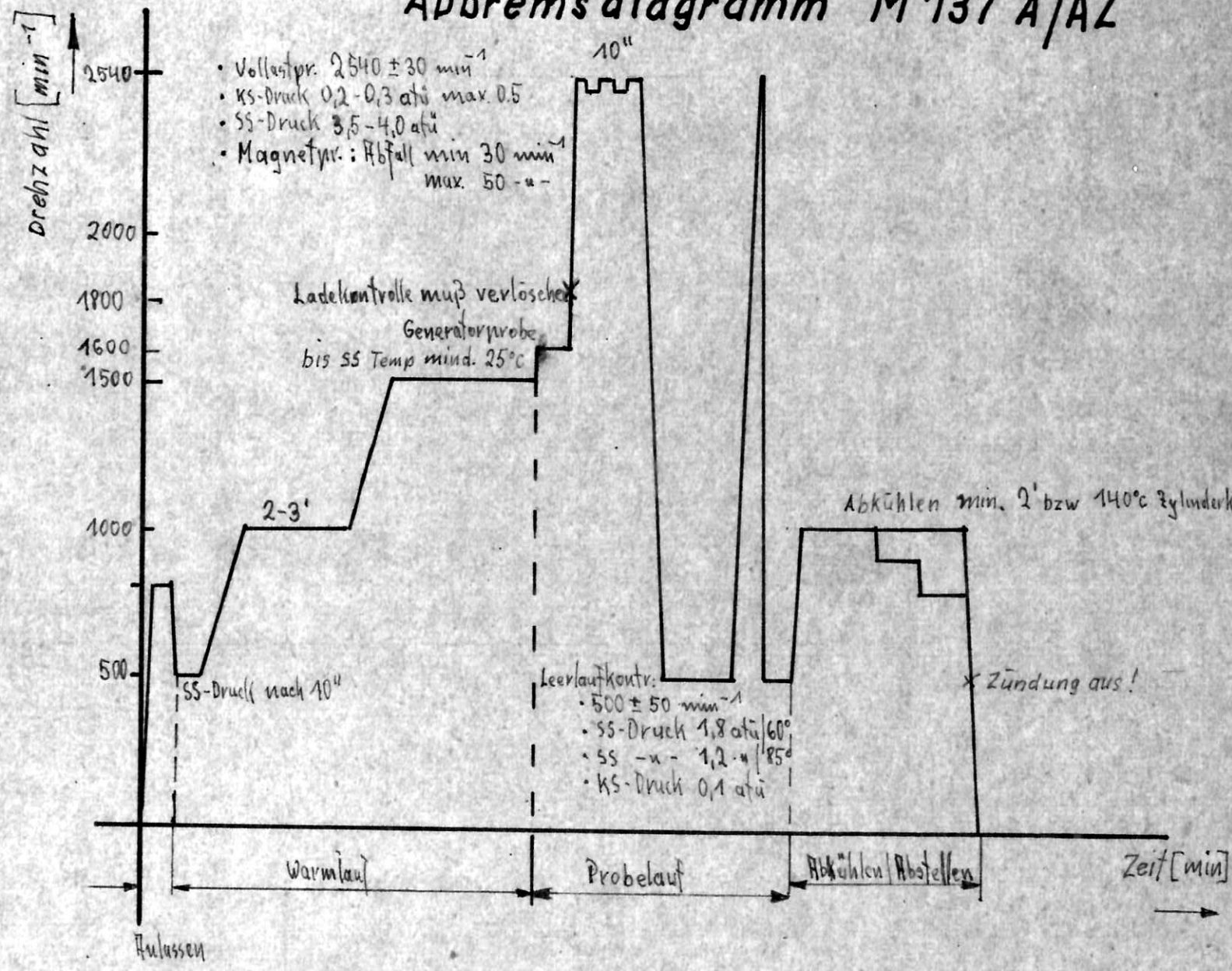
8.6. Abkühlen und Abstellen

Zum Zweck des Abkühlens wird eine Drehzahl von 1ooo - 12oo U/min. eingestellt und solange beibehalten, bis die Zylinderkopftemperatur max 14o °C beträgt. Abschalten der einzelnen Magneten begünstigt das Abkühlen des TW. Ist diese Temperatur erreicht, wird der Drosselhebel zurückgenommen und die Zündung ausgeschalten. Bleibt das Triebwerk danach nicht stehen, muß es weiter abgekühlt werden. Beim Abstellen des TW mit dem Drosselhebel nicht auf Volllaststellung zum Abbrennen der Kerzen gehen.

A c h t u n g Warmes TW mit 5o % Gas anlassen !

Die Drehzahl kann auch stufenweise um je 1ooU/min. zum Zwecke des Abkühlens zurückgenommen werden.

Abbremsdiagramm M 137 A/AZ



III

Geräteausrüstung

Geräteausrüstung des Ausbildungsflugzeuges
Z-42 M und Z-42 MU

Gliederung

1. Grundlagen
1.1. Allgemeines
1.1.1. Aufgaben der Luftfahrzeug-Führungsgeräte
1.2. Einteilung der Luftfahrzeug-Führungsgeräte
1.3. Anforderungen an die Bordmeßgeräte

2. Flugüberwachungsgeräte
2.1. Höhenmesser
2.1.1. Höheneinteilung
2.1.2. Die Normalatmosphäre INA
2.1.3. Höhenmessung nach Änderung des barometrischen Druckes
2.1.4. Aufbau des Höhenmessers LUN 1121
2.2. Fahrtmesser
2.2.1. Methoden der Geschwindigkeitsmessung
2.2.2. Die Staudruckmessung
2.2.3. Das Staurohr
2.2.4. Aufbau des Fahrtmessers LUN 11o7
2.2.5. Aufbau des Fahrtmessers LUN 11o7 mit Überzieh-warnanlage
2.3. Variometer
2.3.1. Anwendung des Variometers
2.3.2. Arbeitsweise des Variometer
2.3.3. Fehlerbetrachtung am Variometer
2.3.4. Das Membrandosenvariometer VR-3o
2.4. Der Horizont
2.4.1. Aufgabe und Anwendung des künstlichen Horizont
2.4.2. Eigenschaften von Kreiseln und ihr Verhalten
2.4.3. Der künstliche Horizont LUN 12o2
2.4.4. Die Inbetriebnahme des Horizont LUN 12o2
2.5. Der Kurskreisel
2.5.1. Anwendung, Funktion und Fehlerbetrachtung
2.5.2. Die Inbetriebnahme

3. . . Triebwerküberwachungsgeräte
3.1. . . Der Drehzahlmesser
3.1.1. Grundprinzip der Drehzahlmessung
3.1.2. Wirbelstromtachometer
3.1.3. Aufbau und Anwendung des Drehzahlmessers LUN 1318.1-8
3.2. . . Zylinderkopftermometer
3.2.1. Verwendungszweck
3.2.2. Wirkungsweise
3.3. . . Öltemperaturmesser TUE-48
3.3.1. Bestimmungszweck
3.3.2. Wirkungsweise
3.4. . . 2-Zeigergerät
3.4.1. Anwendung
3.4.2. Aufbau und Wirkungsweise
3.5. . . Kraftstoff-Vorratsmesser
3.5.1. Wirkungsweise und Aufbau
3.6. . . Ladedruckmesser
3.6.1. Aufgabe und Wirkungsweise

4. . . Navigationsgeräte
4.1. Kompaß
4.2. Borduhr ACnS-1

5. . . Allgemeine Geräte
5.1. . . Volt-Amperemeter
5.1.1. Anwendung

1. Grundlagen

....

1.1. Allgemeines

Die Luftfahrzeugtechnik hat einen Entwicklungsstand erreicht, indem der Mensch nicht mehr in der Lage ist, mit seinen Sinnen die Situationen zu erfassen, welche sich schnell ändern. Er benötigt hierzu geeignete Hilfseinrichtungen, die ihn unterstützen. In der modernen Luftfahrt ermöglichen diese Hilfseinrichtungen überhaupt erst die Flugdurchführung.
In den Anfängen der "Fliegerei" glaubte man, Fluglage und Flugzustand allein mit den menschlichen Sinnesorganen zu überwachen. Sehr bald lehrte aber die Erfahrung, daß diese während des Fluges Täuschungen und Störungen unterliegen und unter bestimmten Flugbedingungen sogar völlig versagen können. Aus diesem Grunde wurden in die um 1908 konstruierten Flugzeuge bereits Höhenmesser, Variometer und Geschwindigkeitsmesser eingebaut.
In den Jahren 1924-25 tauchten erstmalig Kreiselgeräte auf, die zwar gut anzeigten aber noch recht störanfällig waren. 1928 wurde der erste"Autopilot" entwickelt und eingesetzt. Dieses Gerät kann als erster Schritt zur automatischen Luftfahrzeugführung angesehen werden.
Alle in den ersten Jahrzehnten der Luftfahrt entwickelten Flug- und Luftfahrzeug-Überwachungsgeräte wurden laufend verbessert und verfeinert, jedoch in ihrer Grundkonzeption beibehalten. Sie werden bis zur Gegenwart neben modernen elektronischen Geräten eingesetzt.

.....

1.1.1. Aufgaben der Luftfahrzeug-Führungsgeräte

Auf Grund seiner Aufgabe muß ein Luftfahrzeug einen bestimmten Flugzustand einhalten. Die Bewegung eines Luftfahrzeuges, welche durch das Zusammenwirken der den Flug kennzeichnenden Größen entsteht, wird als Flugzustand bezeichnet.Z.B. ist die Bewegung des Luftfahrzeuges relativ zur Erde durch die Geschwindigkeit der Bewegung seines Schwerpunktes und die Winkelgeschwindigkeit seiner Drehung um den Schwerpunkt bestimmt.

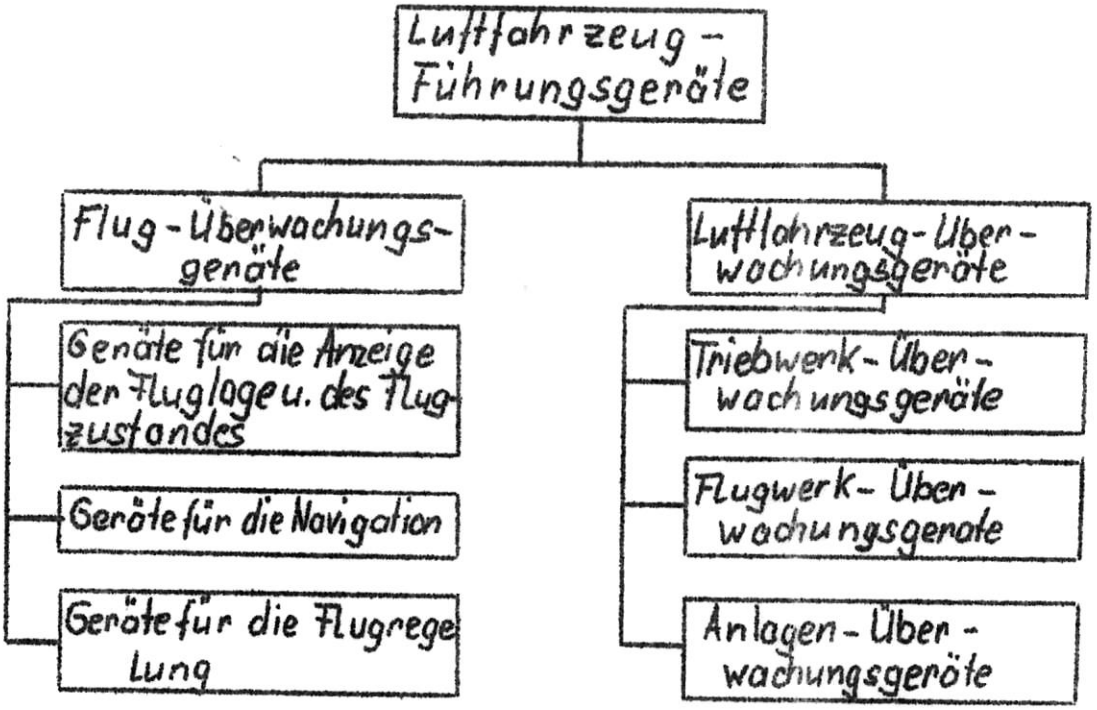
Die Grundgrößen zur Beurteilung des Flugzustandes sind:

- Fluggeschwindigkeit
- Flughöhe
- Neigung und Kurs des Luftfahrzeuges

Dieser durch die Aufgabe vorgegebene Flugzustand muß unter allen Bedingungen bei Tag und Nacht, zu jeder Jahreszeit und fast bei jedem Wetter eingehalten werden.
Aus diesem Grunde werden in einem Luftfahrzeug Bordgeräte eingebaut, mit denen Lage und Bewegungen des Luftfahrzeuges im Raum kontrolliert werden können.

. . .

1.2. Einteilung der Luftfahrzeug-Führungsgeräte



. . .

1.3. Anforderungen an die Bordmeßgeräte

Das Bordmeßgerät, das bei allen Flugbedingungen einwandfrei und zuverlässig arbeiten muß, hat folgende grundsätzliche Anforderungen zu entsprechen:

- Genügende Genauigkeit und Empfindlichkeit
- Unempfindlich d.h. geringste Störanfälligkeit gegen störende Beschleunigungen
- Unempfindlich gegen störende Druck- und Temperaturveränderungen
- Geringe Maße und Abmessung

Zusätzliche Anforderungen:

- Geringen Energieverbrauch
- Leichte und bequeme Ablesbarkeit der Anzeigen bei Tag und Nacht
- Leichte Montage und Wartung
- Kleiner Widerstand im Luftstrom befindlicher Geräte
- Keine störende Beeinflussung des Kompasses oder anderer Meßgrößen

2. Flugüberwachungsgeräte

2.1. Höhenmesser

Der Höhenmesser LUN 1121 ist in doppelter Ausführung im Flugzeug vorhanden.

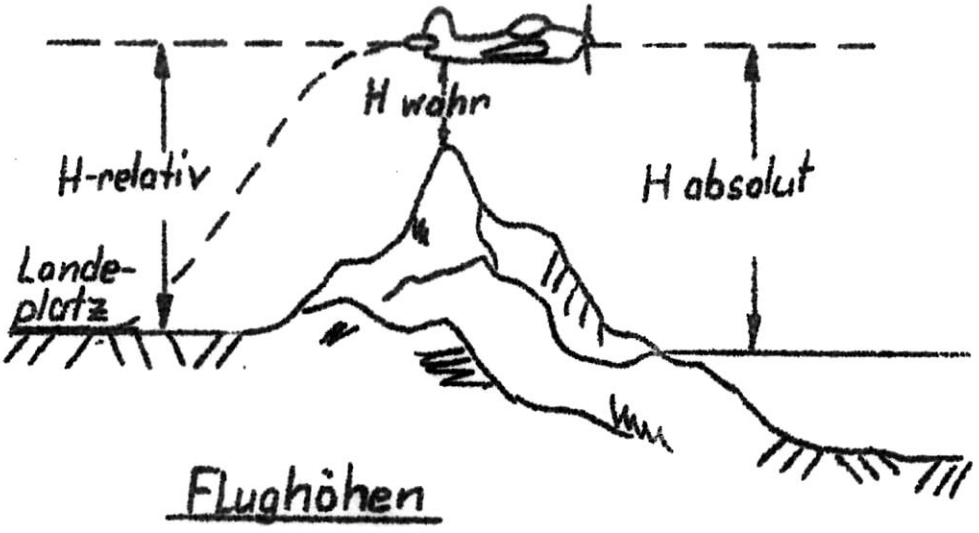
2.1.1. Höheneinteilung

Das älteste und gebräuchliste Verfahren einer Höhenmessung ist die barometrische Methode. Sie ist relativ einfach und beruht auf der pysikalischen Gesetzmäßigkeit der Druckabnahme mit der Höhe. Bei der Höhenmessung im Flugzeug werden zwei Höhenanzeigen unterschieden (Abb 1)

- absolute Höhe
- relative Höhe

Die Höhe über dem Meer, bezogen auf den Normalpegel von Amsterdam, wird als absolute Höhe bezeichnet.
Die Höhe über das überflogene Gelände ist die relative Höhe.
Mit dem barometrischen Höhenmesser wird die absolute Höhe bestimmt. Jedoch kann auch die relative Höhe gemessen werden, dann muß der Bodendruck des überflogenen Geländes (z.B. Flugplatz) auf der Druckskala eingestellt werden.

Abb. 1



Flughöhen

2.1.2. Die Normalatmosphäre

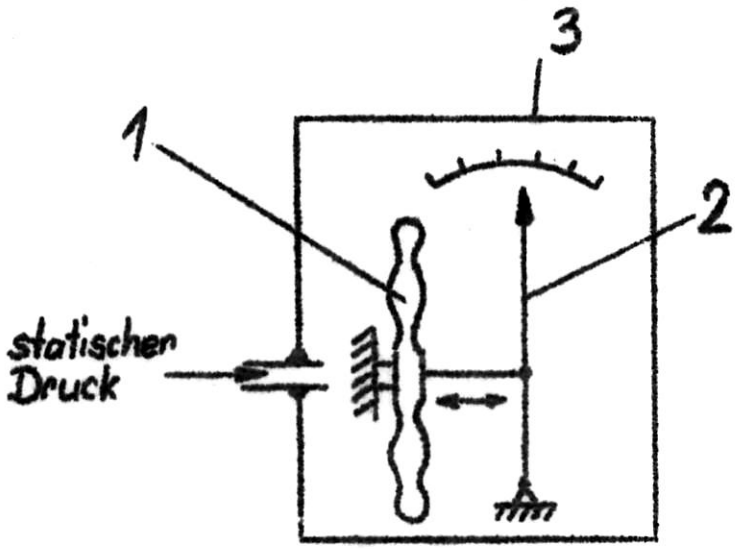
Die Abnahme des Luftdruckes mit zunehmender Höhe ist nicht in allen Jahres- und Tageszeiten gleich. Sie ist u.a. abhängig von der Temepratur und der Luftfeuchtigkeit. Der Luftdruck, die Temperatur und die Feuchtigkeit sind in jeder Höhenlage dauernd Schwankungen unterlegen. Der Druck nimmt also nicht nach einer genau zu bestimmenden Gesetzmäßigkeit ab. Die Druckverhältnisse in den verschiedenen Höhen wurden international in der Normalatmosphäre festgelegt. (INA)
Folgende Voraussetzungen wurden angenommen:

1. Mittlerer Temperaturverlauf für Breitengrad = 45°
2. Liniare Abnahme der Temperatur mit steigender Höhe bis zur Grenze der Troposphäre.

Der Zustand der Normalatmosphäre ist praktisch nie vorhanden. Aus den jahrelangen Messungen wurde sie als Mittelwert festgelegt.

2.1.3. Höhenmessung nach Änderung des barometrischen Druckes

Als Meßdose dient eine Aneoriddose, die nahezu luftleer und gegen die Außenluft abgeschlossen ist. Der Luftdruck drückt die Dose zusammen bzw. dehnt sie aus. Mit zunehmender Höhe nimmt der Außendruck ab, die Dose kann sich ausdehnen. Dieser Dosenhub wird auf einen Zeiger übertragen und gestattet so eine Höhenablesung. (Abb. 2)



1 Aneroiddose
2 Zeiger
3 dichtes Gehäuse

Prinzip des Höhenmessers

Abb. 2

2.1.4. Aufbau des Höhenmessers LUN 1121

Der Höhenmesser zeigt eine Höhe bis 1o km an. In einem druckdichten Gehäuse befindet sich ein Aneoriddosenpaket, welches auf die Luftdruckveränderungen reagiert. Die Skala ist bis 1o km geeicht. Der kleine Zeiger zeigt die jeweiligen 1ooo-m, der große Zeiger die 1oo-m an. Mit der Einstell- oder Korrekturschraube läßt sich der auf Meeresspiegel umgerechnete Druck, bzw. der Bodendruck des Ortes, auf welchem die Höhe bezogen werden soll, einstellt.

2.2. Fahrtmesser

2.2.1. Methoden der Geschwindigkeitsmessung

Der Geschwindigkeitsmesser gibt die Horizontalgeschwindigkeit des Flugzeuges an. Man unterscheidet:

1. Geräte zur Messung der absoluten Geschwindigkeit, die die Geschwindigkeit des Flugzeuges gegenüber dem Boden, und
2. Geräte zur Messung der relativen Geschwindigkeit, die die Geschwindigkeit des Flugzeuges gegenüber der Luft anzeigen.

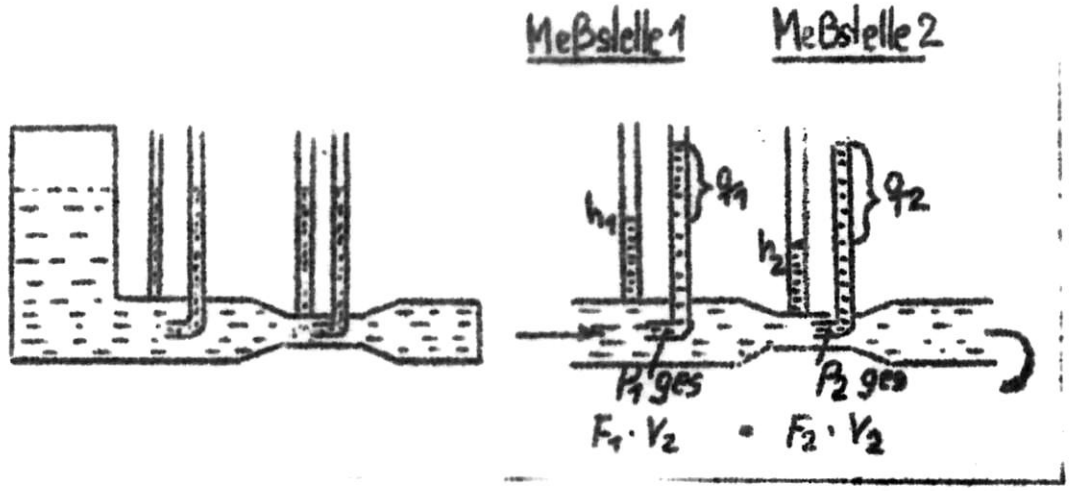
Das erste Gerät ist zur Lösung von navigatorischen Aufgaben und das zweite Gerät zur Flugüberwachung erforderlich. Letztere nennt man Fahrtmesser. Die Arbeitsweise beruht auf dem Prinzip der Staudruckmessung. Die Meßanlage besteht aus dem Geber (Staurohr) und dem Anzeigegerät (Fahrtmesser).

2.2.2. Die Staudruckmessung

Die Bestimmung der Fluggeschwindigkeit erfolgt aus der Druckdifferenz, die an einem von der Luft umströmten Staurohr auftreten.
Zum besseren Verständnis der Staudruckmessung sollen die hierbei auftretenden Strömungsvorgänge erklärt werden. (Abb. 3)
Der Behälter besitzt ein Rohr, welches sich an einer Stelle verjüngt und dann wieder erweitetert. (Venturidüse)
Vor der Verjüngung befindet sich ein Steigrohr und ein zum Behälter hin gekrümmtes Rohr. Zwei weitere befinden sich an der engsten Stelle. Der Behälter und die Rohranlage sind mit Flüssigkeit gefüllt. Der Flüssigkeitsspiegel ist im Behälter und in den vier Steigrohren gleich hoch. Ist das Ende des Venturirohres offen, so fließt die Flüssigkeit durch das Rohr an der ersten Meßstelle bei einem Querschnitt F_1 mit der Geschwindigkeit V_1 und an der engsten Meßstelle bei einem Querschnitt F_2 mit der Geschwindigkeit V_2 aus dem Behälter.
Bei der Strömungsbetrachtung werden keine Energieverluste durch Wandreibung angenommen.

Abb.3

Prinzip der Staudruckmessung



Da F_1 größer als F_2 ist, ist die Durchlaßgeschwindigkeit V_1 entsprechend kleiner als V_2, da an beiden Stellen gleich viel durchfließt. Danach gilt:

$$F_1 \cdot V_1 = F_2 \cdot V_2$$

Durch verschiedene Durchflußgeschwindigkeiten ändert sich in den vier Steigrohren die Flüssigkeitshöhe und damit der Druck. Während Flüssigkeit gegen die Krümmerrohre strömt und den Druck p_1 und p_2 erzeugt, sinkt der Druck in den Steigrohren auf h_1 bzw. h_2. Man erkennt, daß bei höheren Geschwindigkeiten der Druck, statischer Druck genannt, in den Steigrohren sinkt, während die Drukdifferenz q_1 bzw. q_2 zwischen p und h größer wird. Dieser Differenzdruck q wird dynamischer Druck oder Staudruck, der Druck p Gesamtdruck genannt. Je größer also die Geschwindigkeit ist, umso größer ist der Staudruck. Es gibt damit ein Maß für die Geschwindigkeit. Der Staudruck q ist verhältnisgleich dem Quadrat der Geschwindigkeit. Er ist aber auch abhängig von der Luftdichte .

Demnach gilt:

$$q = \frac{\rho_o}{2} v^2$$

Formel nach V aufgelöst:

$$v = \sqrt{\frac{2q}{\rho_o}}$$

Der Zusammenhang zwischen statischen Druck und Staudruck ist aus der Bernoullischen Gleichung zu erkennen.

$$p = p_o + q$$

Daraus folgt:

$$q = p - p_o$$

Daraus ergibt sich die Formel für die Geschwindigkeit:

$$\boxed{v = \sqrt{\frac{2\,(p - p_o)}{\rho_o}}}$$

Damit wurde eine Beziehung gefunden, um unter Bodenbedingungen (p_o = 760 Torr; t_o = 15° Celsius) aus dem gemessenen Staudruck die Fluggeschwindigkeit genauer, die relative Fluggeschwindigkeit zu ermitteln.

. . .

2.2.3. Das Staurohr

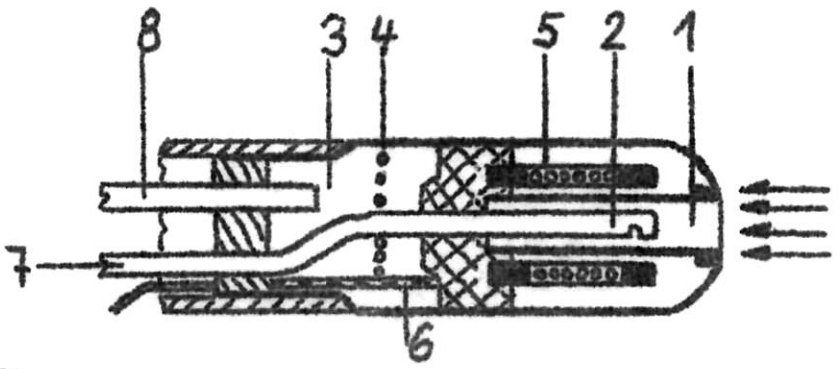
Die Staudruckmessung wird mit dem Staurohr durchgeführt. Es ist ein zylindrischer Körper, der vorn durch eine Kugelkappe abgeschlossen ist. In der Mitte dieser Kappe ist eine Öffnung, an der der Gesamtdruck herrscht und mittels eines Rohres zum Anzeigegerät weitergeleitet wird. In einer genügenden Entfernung von dieser Meßstelle wird durch einen Ringschlitz am zylindrischen Körper der statische Druck abgenommen, und durch ein zweites Rohr gleichfalls zum Anzeigegerät geführt. Der Gesamtdruck wird in die Dose und der statische Druck in das druckdichte Gehäuse geleitet.

Es wird also die Druckdifferenz von Gesamtdruck und statischen Druck angezeigt.

Dies ist also der Staudruck. (Abb. 4)

Abb. 4

Staurohr



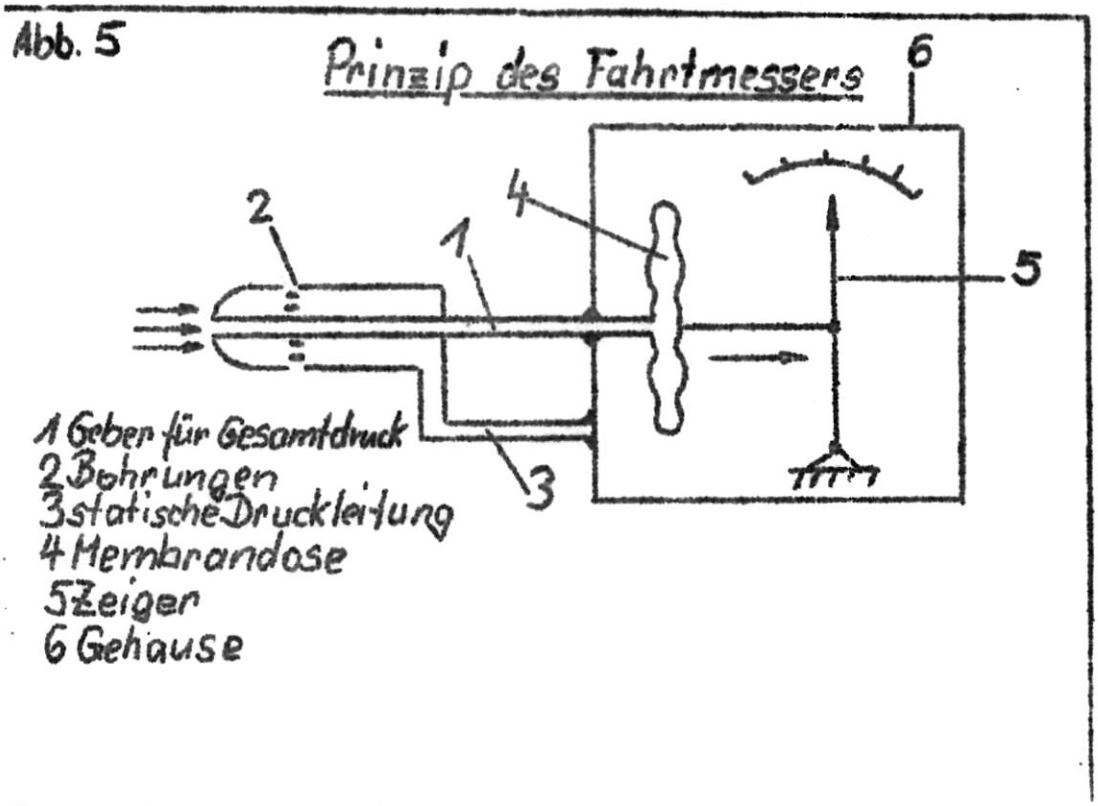
1 Stauraum
2 Abnahmerohr für d. Gesamtdruck
3 Kammer für d. stat. Druck
4 Bohrungen
5 Heizpatrone
6 Heizleitung
7 Gesamtdruckleitung
8 statische Druckleitung

Um das Staurohr vor Vereisung zu schützen, befindet sich in der Kugelkappe eine Heizpatrone die von der Pilotenkabine aus eingeschaltet werden kann.

2.2.4. Aufbau des Fahrtmessers LUN 1107

Der Fahrtmesser ist für eine max. Geschwindigkeit von 400 km/h ausgelegt. Bei einem Druckunterschied zwischen Gesamtdruck und statischen Druck dehnt sich die Dose aus. Der Dosenhub ist damit ein Maß für den dynamischen Druck und damit der Anzeige.
(Abb. 5)

Abb. 5



Wie bereits erwähnt, wird mit diesem Staudruck-Fahrtmesser die Geschwindigkeit gegenüber der umströmten Luft gemessen. Bei einer Luftbewegung ist die angezeigte Geschwindigkeit nicht identisch mit der Horizontalgeschwindigkeit über dem Erdboden. Wie aus der Geschwindigkeitsformel im Abschnitt 2.2.2. zu entnehmen ist, ist der dynamische Druck auch von der Luftdichte abhängig. Die Dichte ist bekanntlich kein fester Wert, sondern hängt von der Höhe und der Temperatur ab. Mit zunehmender Höhe wird die Luftdichte kleiner, so daß auch der Staudruck bei gleichbleibender Geschwindigkeit kleiner wird und die angezeigte Fluggeschwindigkeit zu niedrig ist. Diese Fehlanzeige wirkt sich besonders ab einer Höhe über 2000 m aus und muß dabei berücksichtigt werden.

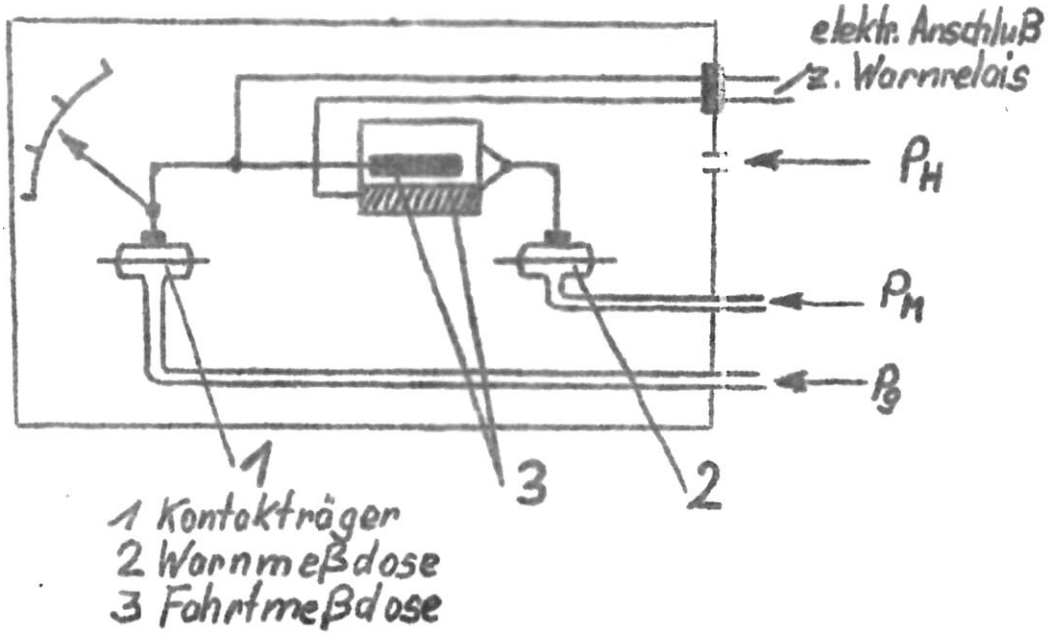
2.2.5. Aufbau des Fahrtmessers LUN 1107 mit Überziehwarnanlage

Das Prinzip der Geschwindigkeitsmessung ist das gleiche wie im Abschnitt 2.2.3. und 2.2.4. erläutert. Von vorn betrachtet, gibt es zwischen beiden Fahrtmessertypen keinerlei Unterschiede. Die Besonderheit besteht jedoch im Glied der Überziehwarnanlage. Im Gerätegehäuse befindet sich noch eine zusätzliche Membrandose.

Diese unterliegt dem Druck, welcher sich unterhalb der linken Tragfläche ausbildet und von einer Meßsonde aufgenommen wird. Beide Dosen sind über ein Gestänge mit einander verbunden, das einen elektrischen Kontakt trägt. Liegt zwischen den Drücken q und pm

$$q - pm = p_{krit}$$

eine definierte Differenz vor, so stehen beide Dosen in einem betsimmten Verhältnis, bezogen auf ihren Hub, zueinander. In diesem Fall ist der elektrische Kontakt geschlossen und die Warnanlage tritt in Tätigkeit.
Der Zeitpunkt des Einsetzens der Warnanlage liegt ca. 12 - 18 km/h vor dem tatsächlich eintretenden instabilen Flugzustand.
Die Kontrolle der Maximalgeschwindigkeit für bestimmte Flugzustände braucht vom Flugzeugführer nicht nur visuell kontrolliert werden, da eine direkte akustische Warnung erfolgt. (Abb. 6)



Damit die Warnanlage nicht schon am Boden in Funktion tritt, wird der Klingelstromkreis mittels eines Fahrwerksschalter im belasteten Zustand des Fahrwerkes unterbrochen.

2.3. Variometer

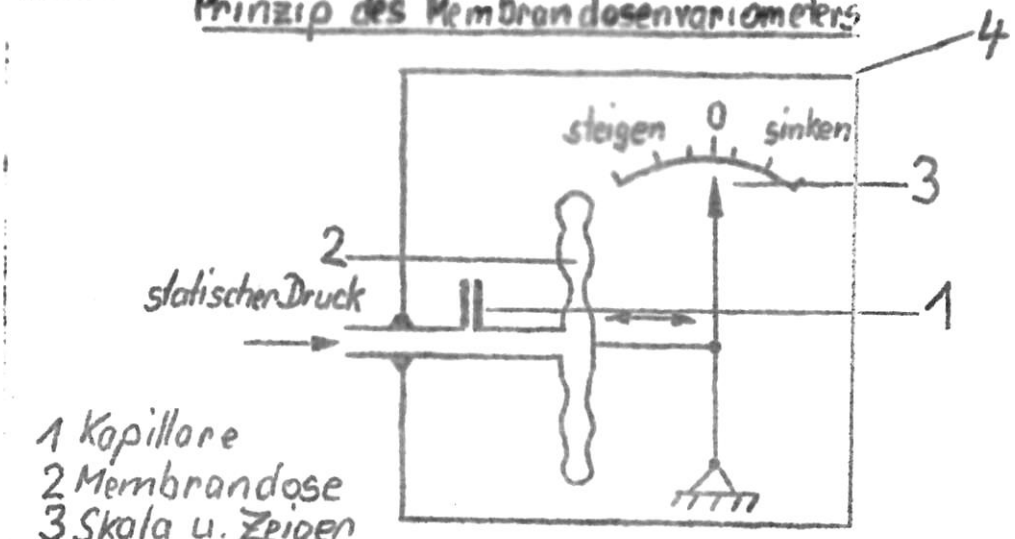
2.3.1. Anwendung des Variometer

Das Variometer dient zur Überwachung der Sink- und Steiggeschwindigkeit, zur Ermittlung des günstigsten Steig- und Sinkwinkels und zur Überwachung des Horizontalfluges.

2.3.2. Arbeitsweise des Variometers

Die Messung der Steig- und Sinkgeschwindigkeit beruht auf dem durch eine Kappillare (feines Haarröhrchen) verzögerten Druckausgleich bei einer Veränderung der Flughöhe. Es zeigt die Höhenänderung in der Zeiteinheit an $\frac{dH}{dt}$ $(\frac{m}{s})$ (Abb. 7)

Abb.7 Prinzip des Membrandosenvariometers

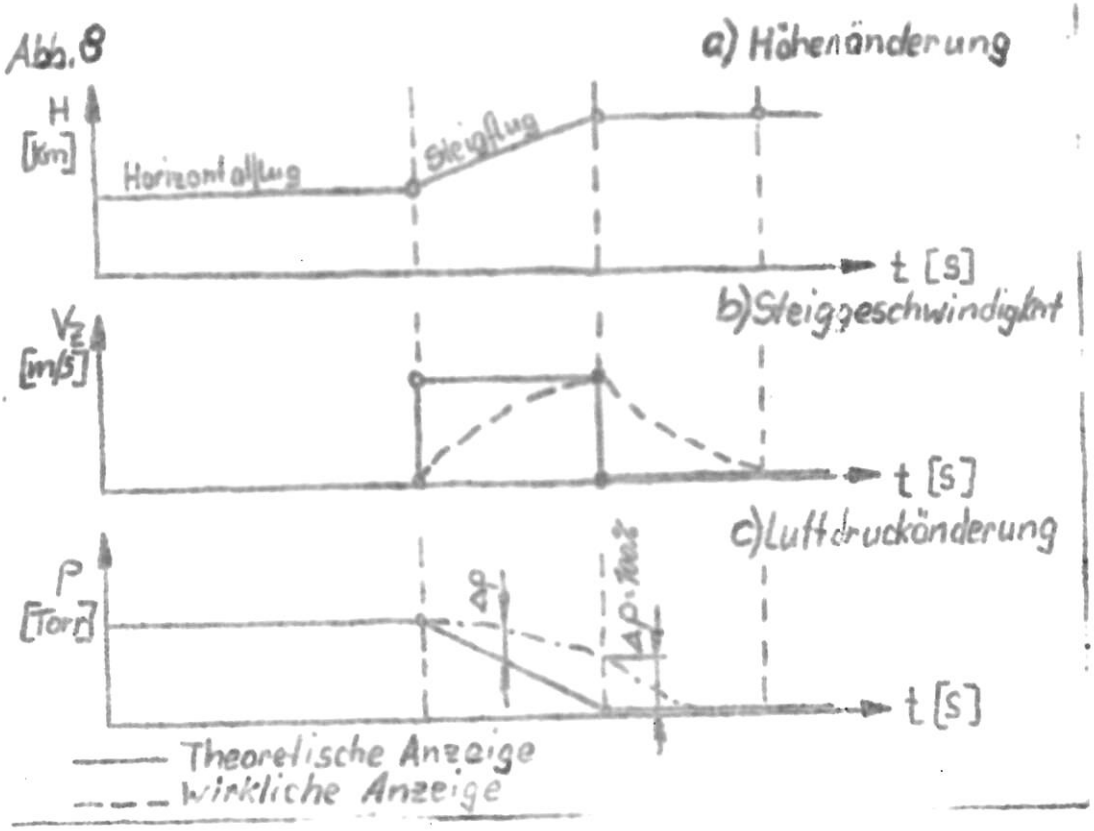


Beim Horizontalflug ist der atmosphärische Druck gleich dem Druck im Ausgleichsgefäß und das Variometer zeigt den Wert Null an. Mit zunehmender Flughöhe nimmt der atmosphärische Druck ständig ab und die im Ausgleichsgefäß unter größerem Druck stehende Luft strömt über die Kappillare in die Atmosphäre ab.

Gleichzeitig wird der Dosensatz unter den höheren Druck verformt und am Zeiger des Variometers ist ein Steigen ablesbar. Beim Sinken kehren sich die Verhältnisse um, es strömt Luft in das Ausgleichsgefäß nach.

2.3.3. Fehlerbetrachtung am Variometer

Bedingt durch den Gerätaufbau besitzt das Variometer im Nachhinken seinen größten Fehler. Betrachten wir das Nachhinken der Anzeige im Bild. (Abb. 8)



Im Bild 8a wird angenommen, daß ein Flugzeug vom Horizontalflug in den Steigflug und von da aus wieder in den Horizontalflug übergeht.
Im Bild 8c ist die Änderung des Druckes dargestellt.
Aus dem Bild 8b erkennt man aus der gestrichelten ausgezogenen Linie, wie die wirkliche Anzeige am Variometer aussieht. Der Druckunterschied Δp (Bild 8c) zwischen der gestrichelten und voll ausgezogenen Linie wirkt direkt auf die Druckmeßdose und verformt sie. Da sich der Druck nur langsam über die Kappillare ausgleicht, hinkt die Anzeige hinterher.

Es muß also immer beachtet werden, daß das Nachhinken eine Eigenschaft des Gerätes ist und größere Fehler, besonders bei raschen Änderungen der Höhe, sich einstellen. Eine Vergrößerung des Kappillardurchmessers hätte auf eine Verringerung der Anzeigeverzögerung großen Einfluß, jedoch wird dadurch gleichzeitig der Druckunterschied Δp kleiner. Deshalb muß hier ein Kompromiß geschlossen werden.

2.3.4. Das Membrandosenvariometer VR-30

Bei diesem Gerät übernimmt das Gehäuse die Funktion des Ausgleichsgefäßes. Das Doseninnere ist über eine Rohrleitung mit dem statischen Druck verbunden. Über die Kappillare gleicht sich der Druck zwischen dem Doseninneren und dem Gehäuse aus. Der Meßbereich dieses Variometers liegt zwischen o... 3o ms^{-2}.

2.4. Der Horizont

2.4.1. Aufgabe und Anwendung

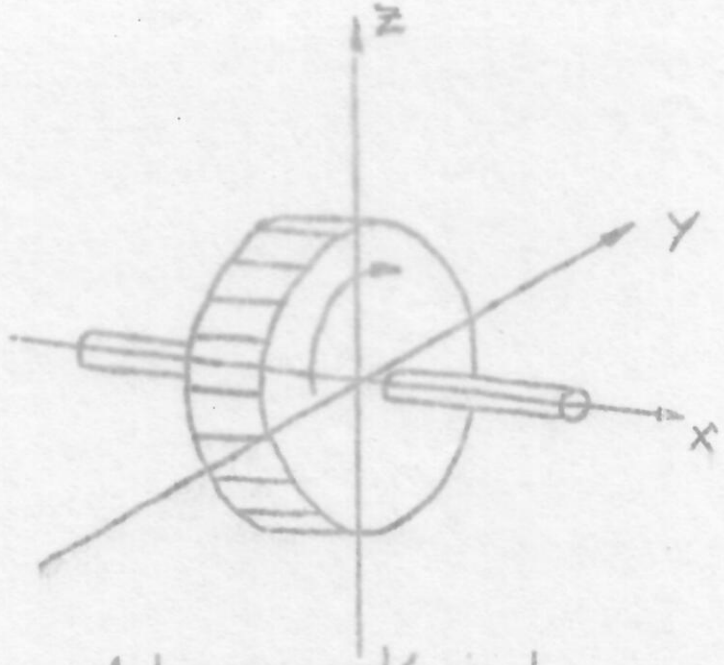
Die Bezugslinie für die Kontrolle der Lage eines Flugzeuges im Raum ist der Horizont. Wird ein Flug unter Schönwetterbedingungen durchgeführt, ist diese Art der Kontrolle ausreichend. Unter Schlechtwetterbedingungen kann dieses Verfahren der Kontrolle nicht mehr angewendet werden, da der Horizont verschwimmt oder nicht mehr ausgemacht werden kann. Um jetzt eine Lagekontrolle zu ermöglichen, nutzt man die Eigenschaften des Kreisels aus.

2.4.2. Eigenschaften von Kreiseln und ihr Verhalten

Der Kreisel ist ein Rotationskörper, der sich mit großer Umdrehungszahl um seine Achse (Kreiselachse) dreht.

(Abb 9)

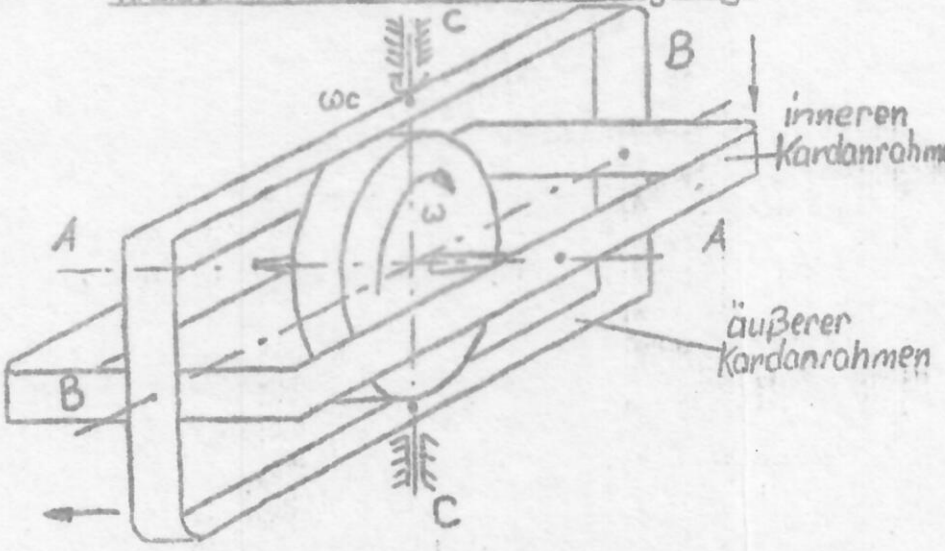
Abb. 9.



Achsen am Kreisel

Wird er in zwei Rahmen (äußerer und innerer Rahmen) gelagert, deren Achsen leicht drehbar, senkrecht zueinander stehen und durch seinen Massenschnittpunkt gehen, so wird bei allen Bewegungen dieses Gerätes die Richtung der Kreiselachse nicht verändert. Sie behält ihre Richtung im Raum bei, solange keine äußeren Kräfte auf diese wirken. (Abb. 10)

Abb. 10 Kreisel in kardanischer Aufhängung



Von der Funktion her gibt es Kreisel mit 1,2 oder 3 Freiheitsgraden. Unter Freiheitsgrad verstehen wir die Fähigkeit eines Kreisels, um eine beliebige Achse umzulaufen oder sich zu drehen. Die Anzahl der Freiheitsgrade hängt von der Aufhängung ab, in der sich der Kreisel befindet. Dreht sich der Kreisel um drei Achsen sprechen wir von einer kardanischen Aufhängung. Wirkt auf solch einen Kreisel eine äußere Kraft, die die Achse aus ihrer Lage im Raum bringen will, so folgt sie dieser Kraft nicht, sondern bewegt sich dagegen senkrecht zur Kraftwirkung. Diese Ausweichbewegung oder Kreiseleigenschaft wird mit Präzession bezeichnet.

2.4.3. Der Künstliche Horizont LUN 12o2

Der Künstliche Horizont wird durch einen Kreisel mit drei Freiheitsgraden gebildet. Er dient zur Bestimmung der Lage des Flugzeuges im Bezug auf die Horizontenebene.
Da die Kreiselrotationsachse parallel zur Flugzeughochachse angebracht ist, könne alle Bewegungen um die Quer- und Längsachse registriert werden. Damit auch Bewegungen des Flugzeuges um die Hochachse abgelesen werden können, befindet sich im gleichen Gehäuse ein zweiter Kreisel in halbkardanischer (2 Freiheitsgrade) Aufhängung. Die Kreiselrotationsachse liegt hierbei parallel zur Flugzeuglängsachse. Dieses Gerät bezeichnet man als Wendezeiger. Ein Relativ-Querneigungsmesser, welches die Schräglage des Flugzeuges im Bezug auf den Horizont anzeigt, vervollständigt das Gerät. Ein solch kombiniertes Kreiselgerät, in dem Künstlicher Horizont, Wendezeiger und Relativ-Querneigungsmesser vereinigt sind, wird auch Wendehorizont genannt.

2.4.4. Die Inbetriebnahme des Künstlichen Horizontes LUN 12o2

a) Vor dem Einschalten des Horizont muß der Hauptschalter, der Schalter "Batterie" und "Generator" (bei TW-Lauf) und Fluggeräte eingeschältet werden.
b) Das Gerät ist durch Einschalten des Schalters "Umformer" in Gang gesetzt. Beim Anlassen muß das Gerät arretiert werden, d.h. die Arretierstange eingedrückt , die rote Signalscheibe ausgeschoben.

Die Endarretierung des Gerätes erfolgt nach Anlauf des Kreisels, was durch Aufleuchten der Glimmlampe im Spalt der Induktionskugel (ca. 1 Min. nach dem Einschalten) signalisiert wird. Die günstigste Endarretierung ist die Horizontalfluglage.

H i n w e i s Vor dem Ausschalten muß das Gerät arretiert werden. Wird das nicht beachtet, kann während des Auslaufens des Kreisels das Gerät beschädigt werden. Es ist möglich, das Gerät in beliebiger Stellung zu arretieren.
Ist das Gerät beim Rollen und Start angelaufen, kann es endarretiert werden
Im Bedarfsfall ist es möglich, das Gerät 24 sek. nach dem Einschalten zu endarretieren.
Die Betriebsbereitschaft ist erst nach dem Zünden der Glimmlampe einsatzbereit.
Der Horizont arbeitet auch im Kunstflug.

2.5. Der Kurskreisel

2.5.1. Anwendung, Funktion und Fehlerbetrachtung

Der Kurskreisel gibt im Gegensatz zum Magnetkompaß eine Beschleunigungsunabhängige und schwingungsfreie Kursanzeige. Der im Schwerpunkt aufgehängte Kreisel behält seine Lage im Raum, besitzt aber keine direkte Richtwirkung nach Norden. Er muß nach dem Magnetkompaß auf den anliegenden Kurs eingestellt werden. Während die Anzeigefähigkeit des Kurses durch die Neigung des Magnetsystems beim Kompaß im Kurvenflug begrenzt ist, kann nach dem Kurskreisel bei Beendigung einer Kurve der gewünschte Kurs sofort eingeschlagen und eingehalten werden. Er dient deshalb in der Regel nur zur Kursüberwachung während des Kurvenfluges.
Durch die geringen Lagereibungen, die nicht ganz zu vermeiden sind, kleinen Unwuchtkräften und der Erddrehung findet ein langsames Auswandern des Kreisels statt, so daß er nach 10 - 15 Min. nach dem Magnetkompaß neu eingestellt werden muß. Das ist unbedingt zu beachten, da sein Fehler nach dieser Zeit bereits den Fehlbetrag von 3 Grad übersteigt.

2.5.2. Die Inbetriebnahme des Kurskreisel

Zur Betätigung des Kurskreisels dient ein Knopf, der auf dem Gerät in der rechten unteren Ecke in der Nähe der Befestigungsschraube angebracht ist.

1. Vor dem Einschalten des Kurskreisels muß der Hauptschalter, der Schalter Batterie und Generator (bei laufendem TW) sowie der Schalter "Fluginstrumente" eingeschaltet werden.
2. Der Kurskreisel wird mit dem Schalter "Umformer" in Gang gesetzt. Vor der Inbetriebnahme muß er arretiert werden. Der Bedienknopf befindet sich dazu in gedrückter Stellung.
3. Die Einstellung des Kurskreisels wird nach dem Magnetkompaß vorgenommen. Der Bedienknopf befindet sich in gedrückter Stellung. Durch Drehung des Knopfes wird der schmale Zeiger bewegt.
4. Durch Herausziehen des Knopfes wird das Gerät endarretiert. Mit dem Bedienknopf wird der breite Zeiger (2 fach) auf den gewählten Kurs eingestellt.
5. Durch Halten der Parallelität beider Zeiger wird der Kurs des Flugzeuges eingehalten.

H i n w e i s Den Kurskreisel frühestens 10 Min. nach dem Einschalten endarretieren.
Um Schäden am Gerät zu vermeiden soll der Kurskreisel während des Starts, der Landung, beim Rollen und Kunstflug arretiert werden.

3. Triebwerksüberwachungsgeräte

3.1. Der Drehzahlmesser

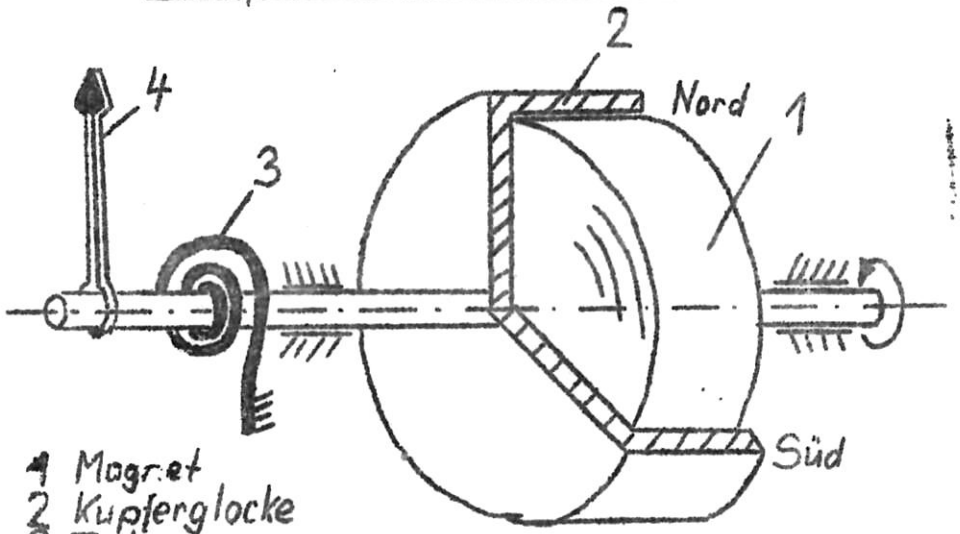
3.1.1. Grundprinzip der Drehzahlmessung

Die Drehzahlmessung erfolgt mittels Fernübertragung. Am Geräteträger des Triebwerkes wird die der zu messenden Welle proportionale Drehzahl einem Drehzahlgeber übertragen. Dieser stellt in seinem Aufbau einen Synchrongenerator (Drehstromgenerator) dar. Die so in ihm erzeugte elektrische Energie wird über eine Fernübertragung - 3-Leiter-System - dem Meßwerk zugeführt.

Im Meßwerk befindet sich ein Synchronmotor, der nach dem bekannten Prinzip die gleiche Drehzahl wie der Geber (Generator) annimmt. Auf diese Weise erfolgt die Übertragung der Drehzahl vom Triebwerk zum Instrumentenbrett in die Kabine. Im Meßwerk hingegen wird die vom Synchronmotor angenommene Drehzahl über das Wirbelstromprinzip ausgewertet und zur Anzeige gebracht.

3.1.2. Wirbelstromtachometer (Abb. 11)

Abb. 11 Prinzip des Wirbelstromtachometers

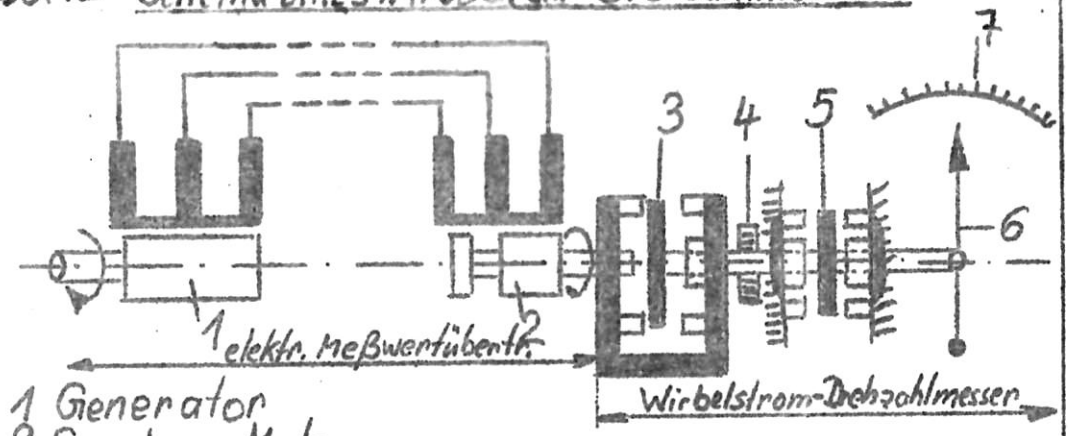


Es liegt folgendes Prinzip zugrunde:
Wird ein Trommel- oder scheibenförmiger Leiter in einem umlaufenden Magnetfeld drehbar gelagert, so setzen ihn die induzierten Wirbelströme in Richtung des rotierenden Magnetfeldes in Bewegung.

3.1.3. Anwendung und Aufbau des Drehzahlmessers

Das umlaufende Magnetfeld wird durch einen Dauermagneten erzeugt, der mit der zu messenden Drehzahl, d.h. mit der des Synchronmotors rotiert. (Abb. 12)

Abb. 12 Schema eines Wirbelstrom-Drehzahlmessers



1 Generator
2 Synchron Motor
3 Scheibe mit Dauermagnet
4 Spiralfeder
5 Wirbelstromdämpfung
6 Zeiger
7 Skala

Dieses Feld wirkt auf eine Trommel aus einer Sonderlegierung ein und versucht diese mitzudrehen. Das Drehmoment an der Trommel ist umso größer, je schneller der Magnet rotiert. An der Trommelwelle ist eine Spiralfeder befestigt, deren Richtmoment dem durch den rotierenden Dauermagneten erzeugten Drehmoment entgegen wirkt. Je nach Größe der Drehzahl des Magneten wird die Spiralfeder gespannt, bis Drehmoment und Richtmoment im Gleichgewicht sind. Da der Dauermagnet im Anzeigegerät mit dem Triebwerk über eine elektrische Welle verbunden ist, erfolgt die Verdrehung der Trommel proprotional der Drehzahl. Der Zeigerwert auf der Skala ist mit 100 zu multiplizieren, um die anliegende Triebwerksdrehzahl zu ermitteln. Der Übersicht halber sind Reise- und Maximalgeschwindigkeit unterschiedlich farblich gekennzeichnet.

3.2. Zylinderkopftermometer

3.2.1. Verwendungszweck

Das thermoelektrische Thermometer dient zum Messen und Anzeigen der Zylinderkopftemperatur des Triebwerkes.
Das Gerät besteht aus drei Teilen:

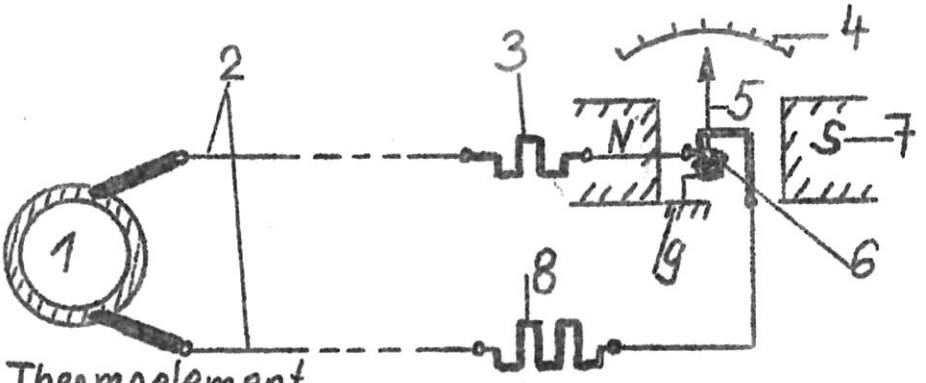
- Temperaturgeber (Thermoelement)
- Anzeigegerät (Galvanometer)
- Kompensationsleitung

Das Anzeigerät ist einmal am Instrumentenbrett, der Temperaturgeber am Zylinder 4 des Triebwerkes unter der Kerze montiert.

3.2.2. Wirkungsweise

Die Arbeit des Gerätes basiert auf der Anwendung der Erscheinung der Thermoelektrizität.
In Metallen ist eine große Anzahl freier Elektronen vorhanden. Dabei ist in verschiedenen Metallen bei einer gegebenen Temperatur die Anzahl dieser freien Elektronen unterschiedlich. Werden zwei ungleichartige Metalle mit-einander verschweißt und die Schweißstelle erwärmt, wandern die Elektronen aus dem einen Metall in das andere. In das Metall, mit der geringeren Elektronendichte wandern Elektronen aus dem Metall ab, indem deren Dichte groß war. Dieser Übergang freier Elektronen ist elektrischer Strom. Der Thermostrom ist vom Grad der Erwärmung an der Schweißstelle abhängig. (Abb. 13)
Die Wechselwirkung des Stromes im Rahmen mit dem Feld des Dauermagneten erzeugt ein Drehmoment, daß den Rahmen und mit ihm den Zeiger in ein gewissen Winkel auslenkt.

Abb. 13 Arbeitsschema eines Thermoelements



1 Thermoelement
2 Kompensationsleitung
3 Zusätzlicher Widerstand
4 Skala
5 Zeiger
6 Rahmen
7 Dauermagnet
8 Widerstand der Temperaturkompensation
9 Richtfeder

3.3. Öltemperaturmesser TUE-48

3.3.1. Bestimmungszweck

Das elektrische Widerstandthermometer TUE-48 dient zum Messen der Öltemperatur am Triebwerkseintritt. Das System besteht aus:

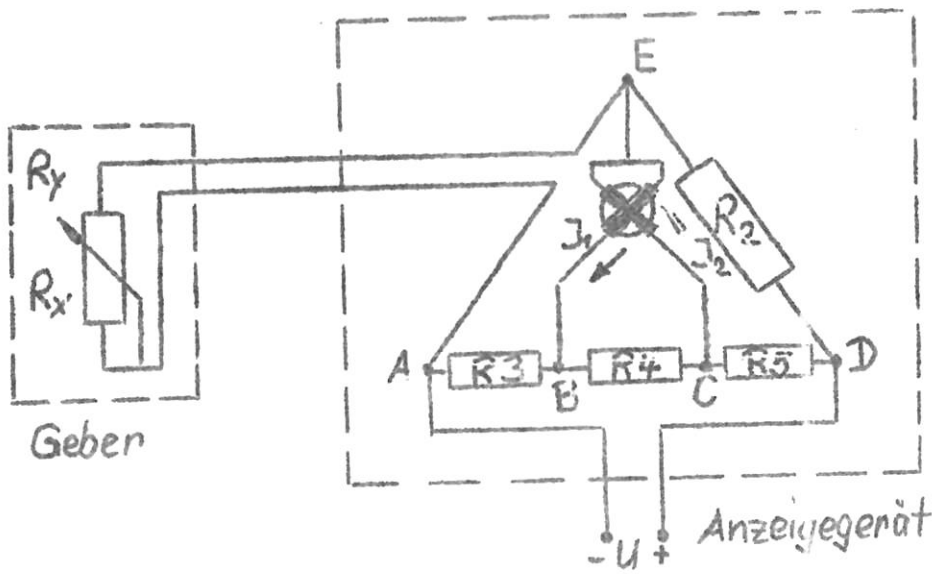
- Temperaturgeber (temperaturveränderlicher Widerstand aus Nickeldraht)
- Anzeigegerät (Drehmagnet- Quotientenmesser)
- 3-adrige Verbindungsleitung

3.3.2. Wirkungsweise

Zur Messung von Temperaturen im Bereich unter 200° C. sind Thermoelemente schlecht geeignet, dabei niedrigen Temperaturen die Thermospannungen sehr klein sind und für deren Messungen sehr empfindliche Meßgeräte eingesetzt werden müßten.
Die Wirkung des elektrischen Widerstandsthermometer basiert auf der Abhängigkeit des ohmschen Widerstand eines Leiters von der Temeperatur. Es arbeitet nach dem Prinzip der Brückenschaltung.

Vier Widerstände der Brücke sind fest und im Gehäuse des Anzeigegerätes untergebracht. Der fünfte ist in Bezug auf die Temperatur veränderlich (der Geber). Das Anzeigegerät ist ein Drehmagnet-Quozientenmesser. (Abb. 14)

Abb. 14 Brückenschaltung



3.4. 2-Zeigergerät

3.4.1. Anwendung

Eine bedeutende Rolle bei der Triebwerksüberwachung spielt das 2-Zeigergerät. Es zeigt dem Piloten den ständig anliegenden Kraft- und Schmierstoffdruck an.

3.4.2. Aufbau und Wirkungsweise

Beide Anzeigegeräte sind in einem Gehäuse untergebracht. Diese Geräte werden als kombinierte Geräte bezeichnet. Im einzelnen besteht jedes Anzeigegerät aus einer Membrane, in die der jeweilige Druck des betreffenden Mediums geleitet wird. Die Kraftstoffdruckskala ist von o-1 kp/cm^2 und
die Schmierstoffdruckskala von o-1o kp/cm^2 geeicht.

3.5. Kraftstoff-Vorratsmesser

3.5.1. Wirkungsweise und Aufbau

Der elektrische Kraftstoff-Vorratsmesser LUN 16o5 dient zum getrennten Messen der Kraftstoffmenge in zwei Behältergruppen.
Er arbeitet ebenfalls nach dem Prinzip der Brückenschaltung. In den einzelnen Tanks befindet sich jeweils ein Geber. Der Schwimmer überträgt seine Bewegungen über ein Hebelsystem auf den Schleifer des im Kopf des Geber eingebauten Widerstandes.
Das Anzeigegerät ist ein kombiniertes Gerät. In sein Gehäuse befinden sich zwei Drehmagnet-Quotientmesser. Die Skala ist jeweils von o - 5o Liter geeicht und zeigt die Kraftstoffmenge im linken und rechten Behälter an.

3.6. Ladedruckmesser

3.6.1. Anwendung und Wirkungsweise

Der Ladedruckmesser dient zum Messen des absoluten Druckes im Ansaugkrümmer des Triebwerks. Er gehört zu den wichtigsten Bordmeßgeräten, die das Betriebsverhalten des Triebwerkes bzw. dessen Arbeitszustand charakterisieren.
Die dem Ladedruck zugeordnete Drehzahl bestimmt z.B. die effektive Leistung des Triebwerks, den Kraftstoffverbrauch und somit den günstigsten Flugzustand.
Durch eine Druckmeßdoese im Gerät wird der jeweilige Druck im Ansaugkrümmer gemessen. Der Ladedruckmesser ist durch eine Schlauchleitung mit dem Ansaugkrümmer des Triebwerkes verbunden. Als empfindliches Meßgerät dient eine Druckdose (Aneoritdose). Bei stillstehendem Triebwerk zeigt der Ladedruckmesser den Standortdruck des Flugzeuges in ata an.

4. Navigationsgeräte

4.1. Kompaß

Der Kompaß LUN 1221-8 dient zum Messen und Halten des Kurses.
Das Arbeitsprinzip beruht auf der Ausnutzung der Eigenschaften der Magnetnadel.

Das innere des Kompaßgehäuses ist zwecks Dämpfung der Rose mit Ligroin gefüllt. Im Flugzeug ist der Kompaß in einer speziellen Halterung etwa in der mitte der Kabine nahe der Windschutzscheibe angebracht. Dort sind die geringsten Einflüsse der Magnetfelder, die von der elektrischen Ausrüstung, Geräten und Stahlteilen des Flugzeuges erzeugt werden. Durch zwei Zusatzmagnete (N-S und O-W) wird versucht, die Wirkung der magnetischen Störfelder aufzuhalten bzw. in vorgeschriebenen Grenzen zu halten. Die sogannte Restdeviation erscheint auf einer Tabelle, die unterhalb des Kompasses, angebracht ist.

4.2. Borduhr

Wird der linke Knopf (rot) gedrückt und im Sichtfenster der oberen Stoppeinrichtung erscheint eine rote Markierung, ist diese in Betrieb. Rot/weiß im Sichtfenster bedeutet halt, weiß dagegen die Nullstellung.
Der rechte Knopf ist für die untere Stoppeinrichtung vorgesehen. Eine Drehung des Knopfes nach rechts hält den gesamten Uhrmechanismus an.

5. Allgemeine Geräte

5.1. Volt/Amperemeter

5.1.1. Das Voltamperemeter - Anwendung

Das Voltamperemeter dient zur Überwachung und Kontrolle der Bordnetzspannung, des Ladestromes und zeigt den Ausfall des Generators an. Das kombinierte Gerät besitzt als Meßwerk zwei Drehspulinstrumente. Der linke Zeiger bestimmt die Bordnetzspannung, der rechte Zeiger zeigt den Lade- bzw. Entladestrom an. Ein Zeigerausschlag oberhalb von o kennzeichnet den Ladestrom, ein Zeigerausschlag unter o den Entladestrom. Fällt während des Flugbetriebes der Generator aus (Zeigerausschlag nach unten) sind alle im Moment entbehrlichen Stromverbraucher auszuschalten und dem Flugleiter über Funk unverzüglich Meldung zu erstatten.

IV

Elektroausrüstung

Elektroausrüstung des Ausbildungsflugzeuges Z-42 M und Z-42 MU

Gliederung

3.
1. Allgemeines über die Elektroausrüstung
1.1. Klassifizierung der Elektroausrüstung
1.2. Anforderungen an die Elektroausrüstung

2. Elektrische Energieerzeugung ...
2.1. Der Gleichstromgenerator LUN 2111
2.2. Der Spannungsregler LUN 2141
2.3. Das Netzfilter LUN 2171
2.4. Der Bordakkumulator
2.5. Parallelarbeit von Bordakku und Generator
2.6. Der Umformer PAG-1F

3. Elektrosystem
3.1. Aufbau der Elektroanlage
3.1.1. Energieverbraucher
3.2. Sicherung der Elektroanlage
3.3. Kontrolle der Energieanlage
3.4. Energieverteilung

1. Allgemeines über die Elektroausrüstung

Bedingt durch die ständige Weiterentwicklung des Flugwesens ist der Bedarf an Elektroenergie durch eine größere Anzahl von elektrischen Geräten und Verbrauchern in den Flugzeugen schnell gestiegen. Man kann deshalb die Elektroausrüstung nicht mehr als Hilfssystem bezeichnen.
An Bord von Flugzeugen werden zur Betätigung und zum Antrieb der verschiedenen Geräte und Aggregate bestimmte Energieformen verwendet. Diese können sein:

- Elektrische Energie
- Hydraulische "
- Pneumatische "
- Mechanische "
- Muskelenergie der Besatzung

Die elektrische Energie besitzt heute die weiteste Verwendung zum Antrieb der o.g. Formen der Ausrüstung der Flugzeuge. Sie kann leicht in eine andere beliebige Energieform umgewandelt werden.
Das Verwenden elektrischer Energie gestattet ein leichtes Zuführen und Verteilen an die Verbrauchsgeräte und ermöglicht die verhältnismäßig leichte Automatisierung einer Reihe unbedingt notwendiger und wichtiger Arbeiten.

1.1. Klassifizierung der Elektroausrüstung

Die Elektroausrüstung der Flugzeuge wird in folgende Hauptgruppen unterteilt:

1. Spannungsquellen
2. Elektrischer Verbraucher
3. Bordnetz
4. Elektrisches Zündsystem

Zu den Spannungsquellen gehören in erster Linie die primären Spannungsquellen wie:

a) Generatoren, die als Hauptspannungsquelle im Flugzeug dienen

b) Akkumulatoren
c) Umspanner bzw. Umformer

Zur Gruppe der elektrischen Verbraucher werden gerechnet:

a) Innere, äußere Signalanlage und Kabinenbeleuchtung
b) Staurohrheizung

c) Elektrische Kontrollgeräte
d) Funkstation
e) Anlasser

Zum Bordnetz gehören alle Elemente, die für das Übertragen und Verteilen der elektrischen Energie dienen:

a) Leitungen mit verschiedener Isolation und Abschirmung
b) Betätigungs- und Schutzschalter, Relais und Sicherungen
c) Verteilungsanlagen,(Schalttafel, Klemmleisten)

Zur Zündanlage:

a) Hoch-und Niederspannungsleitungen, Zündschalter Anlaßspulen

1.2. Anforderungen an die Elektroausrüstung

Die technischen Anforderungen, die man an die Elektroausrüstung stellt, werden durch die Funktion und ihre Betriebsweise bestimmt. Als Hauptforderung muß die unbedingte Betriebssicherheit aller Teile unter bestimmten Bedingungen stehen. Z.B. wieß

- Elektrische, thermische, mechanische und chemische Widerstandsfähigkeit
- Geringes Gewicht, kleinste Abmessungen
- Zuverlässiges Arbeiten bei Erschütterungen, Stößen, Schwingungen und Beschleunigungen
- Feuer- und Explosionssicherheit

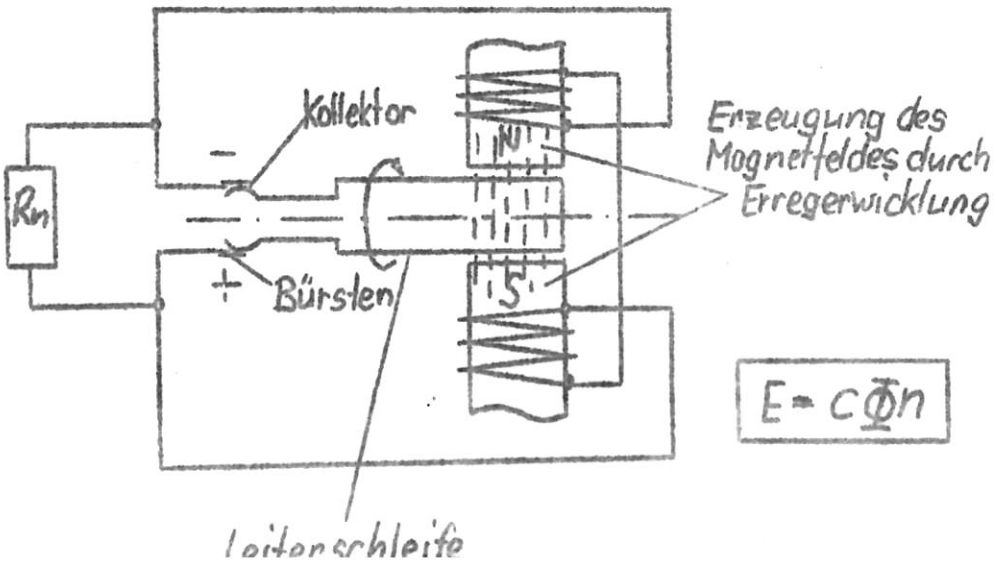
- Kein Einfluß auf die Arbeit der Funkanlage
- Jede Anlage muß leicht überprüfbar sein
- Alle Teile der Elektroausrüstung müssen in jeder Fluglage zuverlässig arbeiten

2. Elektrische Energieerzeugung

2.1. Der Gleichstromgenerator LUN 2111

Als Hauptstromquelle für die elektrische Ausrüstung dient ein Gleichstrom-Nebenschlußgenerator. Dieser Generator gibt eine Leitung von 600 Watt und eine Spannung von 27 Volt ab. Er arbeitet in einem Drehzahlbereich von 3800 - 6000 U/min. Er hat die Aufgabe sämtliche elektrischen Verbraucher mit Energie zu versorgen und den Bordakku nachzuladen.
Der Antrieb des Generators erfolgt vom Triebwerk über ein Übersetzungsgetriebe. Antriebsseitig läuft die Ankerwelle des Generators in einen mehrnutigen Antriebszapfen aus.
Die Spannungserzeugung beruht auf dem Induktionsgesetz von Faraday. Wie bereits erwähnt, ist der Generator ein Nebenschlußgenerator mit Selbsterregung. Er wird deshalb so bezeichnet, da die auf die Pole gewickelte Erregerwicklung parallel zur Ankerwicklung geschaltet ist und vom Strom durchflossen wird, der vom Generator selbst erzeugt wird. Die anfängliche Selbsterregung wird durch den Restmagnetismus in den Polen gewährleistet. (Abb.1)

Abb.1 Prinzipschaltbild eines Gleichstromgenerators



Aus der Formel E = c . Φ . n ist zu erkennen, daß durch Veränderung des Magnetflusses während des Arbeitsprozesses des Generators eine konstante Spannung bei Veränderung der Drehzahl des Triebwerk aufrecht erhalten werden kann. Die Regelung der magnetischen Feldstärke übernimmt der Spannungsregler.

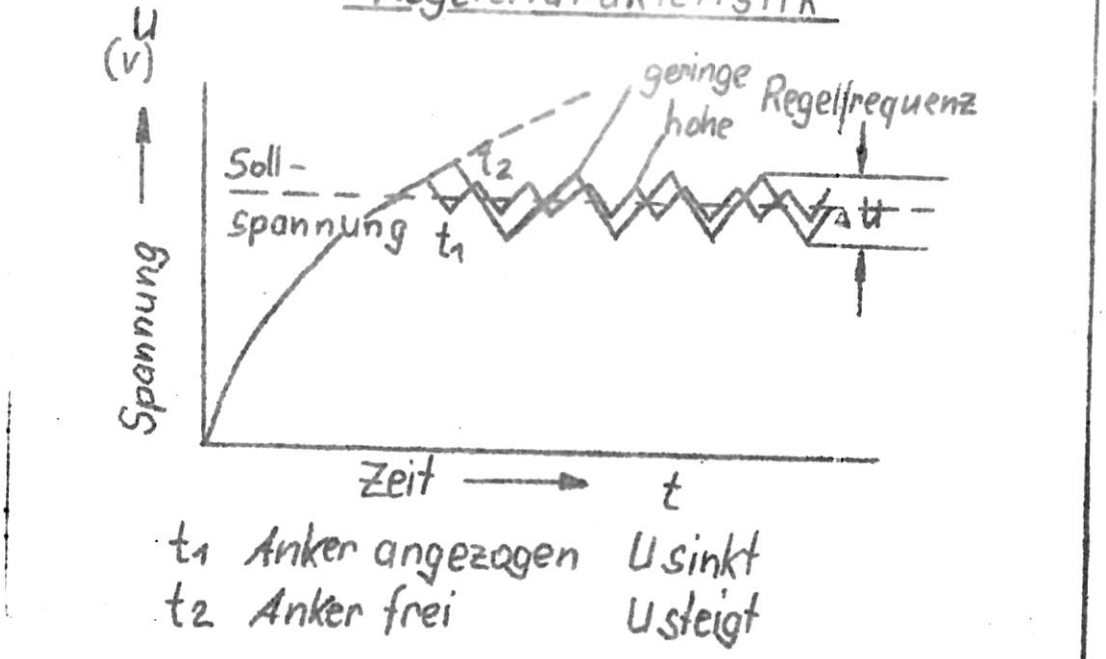
2.2. Der Spannungsregler LUN 2141

Der Spannungsregler hat in erster Linie die Aufgabe, die vom Generator abgegebene Spannung für einen bestimmten Drehzahlintervall konstant zu halten. Er stellt ein Regelglied dar, was unabhängig von der manuellen Bedienung die Generatorspannung überwacht und Abweichungen vom Normwert selbständig korregiert. In der Praxis hat der Regler 3 Hauptanforderungen zu erfüllen:

1. Die Parallelarbeit des Generators mit dem Akku zu gewährleisten (Aufgabe des Minimalrelais)
2. Spannungsreglung des Generators nach zum Zuschaltmoment abhängig von der Drehzahl und der Belastung des Generators in den Grenzen von 27,5 V ± 1 V (Aufgabe des Spannungsreglers)
3. Den Generator vor Überlast zu schützen (Aufgabe des Maximalrelais)

Der Vorgang des Öffnen und Schliessens der Relaiskontakte wiederholt sich in schneller Folge mit einer Frequenz von etwa 1oo Hz, dadurch wird die Spannung auf einen bestimmten Mittelwert gehalten. (Abb. 2)
Zum Zeitpunkt t_1 wird der Anker angezogen, wad die Spannung sinkt, während er zum Zeitpunkt t_2 freigegeben wird und die Spannung steigt. Aus der Kurvendarstellung ist ferner zu ersehen, daß bei einer größeren Regelfrequenz eine genauere Regelung erfolgt als bei einer niederen.
Die vom Generator abgegebene Spannung besitzt neben den natürlichen Störgrößen ihrer Entstehung noch zusätzliche Störgrößen, die durch den Regelvorgang hervorgerufen werden.

Abb.2 Regelcharakteristik



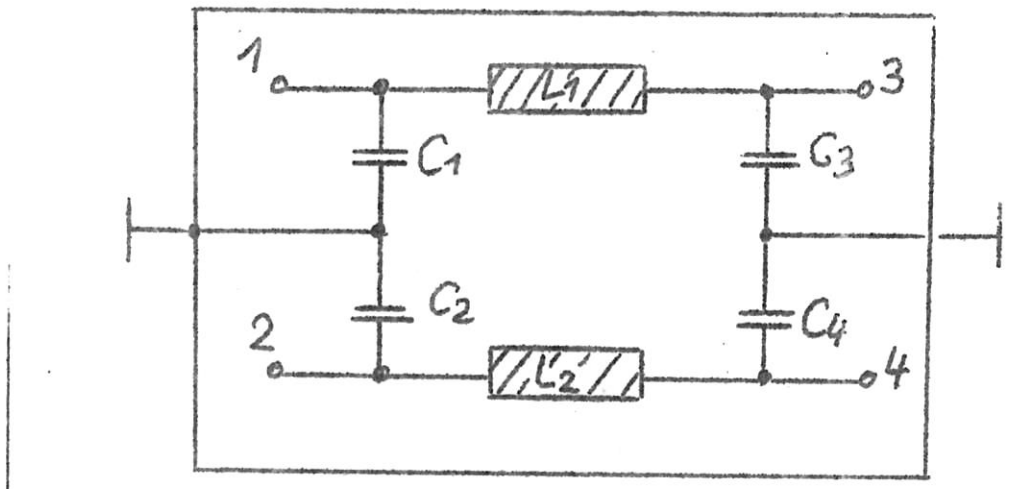
Zur Glättung des Stromes und der Spannung sowie zur Abführung der Störgrößen wird neben Generator und Bordnetz ein Filter geschaltet, das die Aufgaben erfüllt.

2.3. Das Netzfilter

Durch die Funkenbildung am Kollektor des Generators und an den Regelkontakten entstehen elktromagnetische Wellen und Wechselströme sehr hoher Frequenz die sich in den Leitungen fortpflanzen. Die Leitungsteile wiederum wirken wie Sendeantennen und strahlen Wellen aus. Diese werden von der Funkstation wie normale Funkwellen empfangen und stören den Funkempfang beträchtlich. Zur Verminderung dieser Erscheinung werden alle Leitungen mit einer Abschirmung versehen und in bestimmten Abständen an Masse gelegt. Dadurch wird erreicht, daß die Ströme über die Abschirmung zur Masse abfließen. Ferner werden Endstörkondensatoren eingebaut. Diese sperren den Gleichstrom und leiten den Wechselstrom über den Kondensator zur Masse ab. Da die genannten Einrichtungen nicht immer ausreichen verwendet man Netzfilter oder Siebketten. Diese bestehen aus einer Zusammenschaltung von mehreren Drossel-

spulen und Kondensatoren. (Abb. 3)

Abb.3 Schaltbild eines Netzfilters



Dabei haben die Drosseln die Aufgabe den Wechselstrom zu sperren.

Die an einer Seite an Masse liegenden Kondensatoren leiten den Wechselstrom ab.

2.4. Der Akkumulator

Hauptspannungsquelle im Flugzeug ist der Generator. Fällt er aus oder sind die Drehzahlen des Triebwerks so gering, daß er nicht mehr genügend Spannung (27 V) liefert, so wird der Bordakku als Reservestromquelle eingeschaltet. Er übernimmt dann die Stromversorgung für das gesamte Bordnetz. In der Z-42 werden zwei Arten von Bleisammlern verwendet:

	Typ Wärley	Typ PS 12 -24
Nennspannung	24 V	24 V
Speicherfähigkeit	25 Ah	25 Ah
Gewicht	17,3 kp	19 kp
Dichte	1,27 g/cm^3	1,265 - 1,75 g/cm^3

Bei Reparaturen oder längeren Vorflugkontrollen übernimmt ein Außenborder mit der Bezeichnung 12-AO-5o die Stromversorgung für das Bordnetz. Der Bordakku wird dann automatisch abgeschaltet. Zum Anlassen des Triebwerkes unter Winterbedingungen ist grundsätzlich der Außenborder zu benutzen.

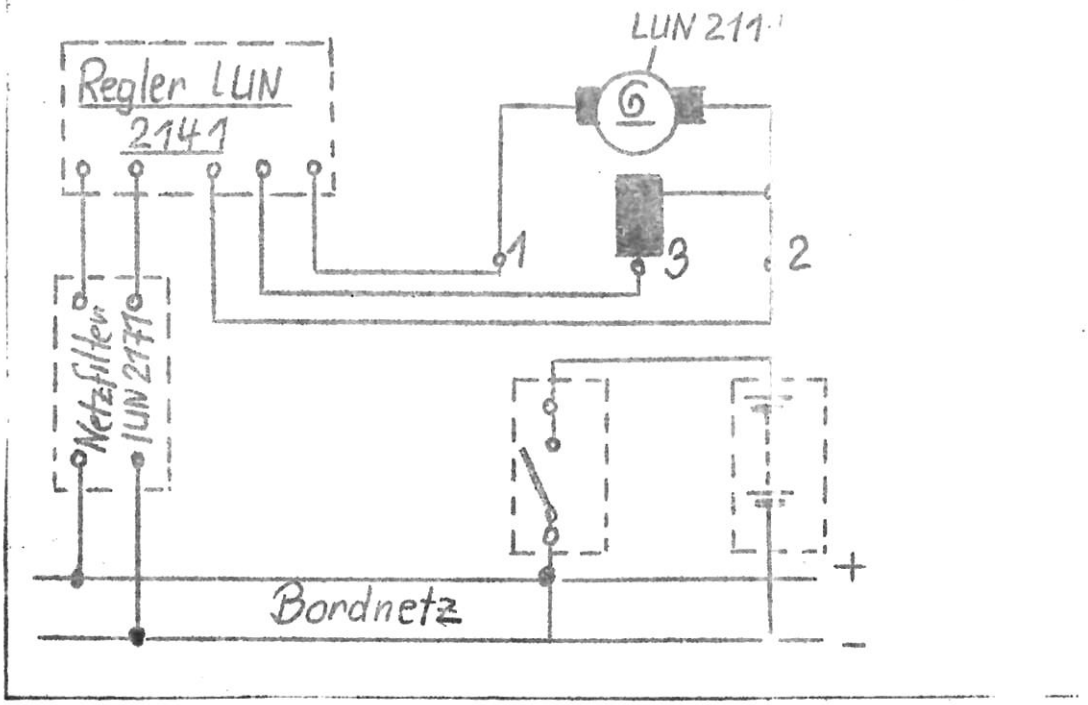
2.5. Parallelarbeit von Bordakku und Generator

Die Parallelarbeit beider Energieerzeuger wird dann gewährleistet, wenn zwei Bedingungen eingehalten werden:

1. Bordakku und Generator müssen gleiche Spannungen abgeben
2. Die Polarität der Energieerzeuger muß mit der Polarität der Verteilungsanlage übereinstimmen

Die Ausgänge des Generators führen zum Regler. Vom Ausgang des Reglers verläuft der Strom über das Netzfilter zum Bordnetz. Parallel mit Generator und Regler arbeitet der Bordakku. Dieser wird über einen Schalter (Schutzschalter) der sich auf dem Paneel zwischen den Sitzen befindet, in das Bordnetz eingeschaltet. Wird vor dem Start, d.h. bei stehendem Triebwerk, der Akku eingeschaltet, so würde ein Strom über das Bordnetz, das Netzfilter und den Regler zum Generator fließen und dieser damit Motoreigenschaften bekommen. Diesen Stromverlauf unterbricht das Minimalrelais. Es gibt den Stromfluß des Generators zum Bordnetz erst bei einer bestimmten Drehzahl frei. Über das Minimalrelais wird Spannungsgleichheit zwischen Generator und Akku bei Speisung des Bordnetzes erreicht. (Abb. 4)
Ist die Generatorspannung größer als die Akkuspannung, so wird dieser aufgeladen. Ist diese kleiner, dann liefert der Bordakku die Spannung an das Bordnetz. Die Zusammenarbeit zwischen Generator und Akku bei, verschiedenen Drehzahlen, wird am V/A-Meter beobachtet bzw. überprüft.

Abb. 4 Parallelarbeit von Generator u. Akumulator



2.6. Der Umformer PAG-1F

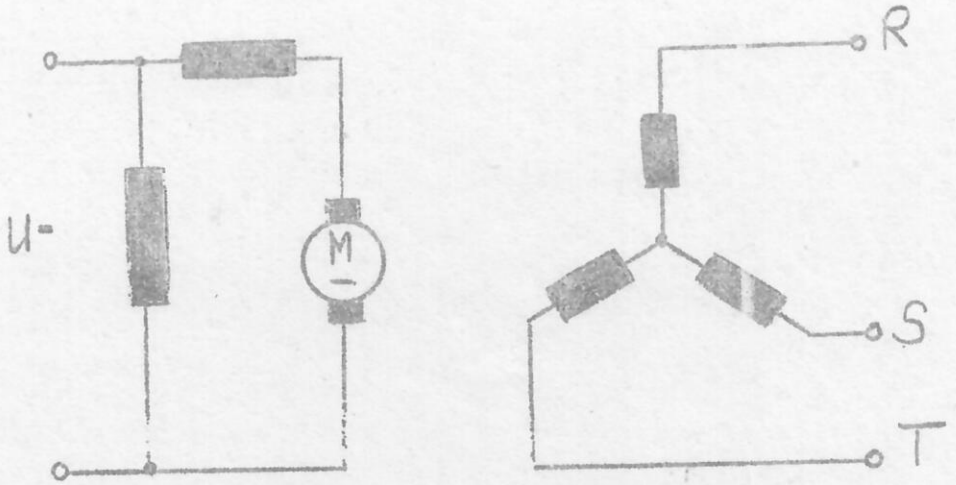
Umformer dienen zur Stromversorgung von elektrischen Anlagen, die zu ihren Betrieb eine andere Spannungsart als die Bordnetzspannung benötigen.

Der Umformer in der Z-42 speist den Künstlichen Horizont sowie den Kurskreisel mit einer Spannung von 3 x 36 V / 400 Hz.

Er besteht aus einem Gleichstrommotor und einem Drehstromgenerator, die beide in einem Gehäuse vereint sind. Der Anker des Gleichstrommotors und der Rotor des Generators sitzen auf einer Welle. Als Gleichstrommotor wird ein 2-poliger Motor mit einer Nebenschluß- und einer Reihenschlußwicklung (Abb. 5a) verwendet.

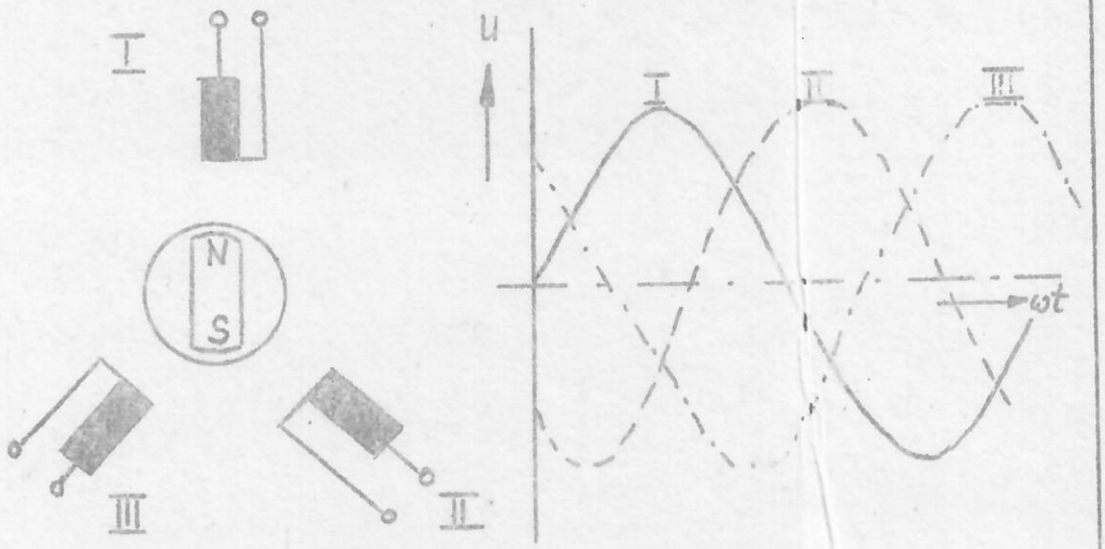
Der Drehstromgenerator besteht aus den am Gehäuse festsitzenden drei, um 120 Grad versetzten Statorwicklungen, (Abb. 5b) und dem vom Gleichstrommotor angetriebenen Rotor mit einen 6-poligen Dauermagneten. Die drei Statorwicklungsenden sind zu einem Punkt verbunden, so daß eine Sternschaltung vorliegt. Jedes Polpaar erzeugt in jeder Spule eine Spannung in Form einer Sinuslinie. (Abb. 6)

Abb. 5 Prinzipschaltbild des PAG-1F



a) Doppelschlußmotor b) Drehstromgenerator

Abb. 6 Erzeugung einer Dreiphasen-Spannung



Da drei Polpaare an den drei Spulen der Statorwicklung vorbeibewegt werden, entstehen 3 mal gleiche Spannungen in Form einer Sinuslinie. Ausgangsseitig erhalten wir somit 3 mal 36 V (Drehstrom).
Eingeschalten wird der Umformer mittels Schutzschalter am Paneel.

3. Elektrosystem

3.1. Aufbau der Elektroanlage

Der Bordakku befindet sich auf der rechten Rumpfseite hinter der Kabine und ist nach Öffnen einer Klappe zugänglich. Zum Anlassen des Triebwerkes wird (unter Winterbedingungen grundsätzlich) der Außenborder (24 V/ 5oAh) an den Außenbordanschluß 28 V/ 15o Ah auf der linken Rumpfseite angeschlossen. Entsprechend der Steckerkonstruktion ist ein Verpolen ausgeschlossen.
Die Elektroanlage besteht aus mehreren Stromkreisen, die einzeln abgesichert sind. An den Hauptschalter sind alle Stromkreise angeschlossen außer:

- Der Zündung (die Magneten werden vom Zündschalter betätigt)
- Der Kabinenbeleuchtung

3.1.1. Energieverbraucher

Stromkreise der Energieverbraucher:

1. Anlaßsummer
2. Instrumentenbeleuchtung
3. Kartenleuchte
4. Staurohrheizung
5. Funkstation
6. Radiokompaß (wenn eingebaut)
7. Künstlicher Horizont mit Wendezeiger
8. Kurskreisel
9. drei-Zeigergerät (bei Nachrüstung)
1o. Kraftstoffvorratsmesser
11. Überziehwarnanlage

3.2. Sicherung der Elektroanlage

Die Stromkreise sind durch automatische AZS - Schutzschalter abgesichert. Das Amperemeter und die Generatorkontrollampe sind zusätzlich durch Feinsicherungen abgesichert, die sich auf der rechten Seite des Paneels befinden. Entsprechend der Belastung der einzelnen Stromkreise sind auch die Schutzschalter ausgelegt. Der Belastungsstrom ist auf den Schaltern angegeben.

3.3. Kontrolle der Elektroanlage

Am VA-Meter kann sowohl die Bordnetzspannung (Akku-Spannung) als auch der Lade- bzw. Entladestrom abgelesen werden. Die Generatorlampe singanlisiert einen Defekt des Generators oder des Stromkreises. Der Akku würde in diesem Fall nicht nachgeladen werden !

Die Kontrolle des"Pitotsystems" ermöglicht das Überprüfen der Stromkreise der Überziehwarnanlage und der Pitot-Staudruckgeberheizung. Wenn bei Schalterstellung "Fluginstrumente" und Andrücken des Druckknopfes "Pitot-Systemkontrolle" die weiße Kontrollampe aufleuchtet und die Warnklingel ertönt, sind beide Stromkreise fehlerlos.

3.4. Energieverteilung

Die Verteilung der elktrischen Energie erfolgt mit Hilfe des Leitungsnetzes. Dieses hat die Aufgabe, die Energie von den Erzeugern zu den Verbrauchern zu übertragen. Es besteht im Einzelnen aus:

- Dem Leitungsmaterial
- Den Schalteinrichtungen
- Den Sicherungseinrichtungen

Die Zuführung der Energie erfolgt nach dem 1,2 oder 3-poligen System. Beim 1-poligen wird nur der "plus" , beim 2-poligen "plus und minus" geführt. Beim 3-poligen System wird Drehstrom übertragen.

Die Verteilung der Elektroenergie ist zentralisiert und wird vom Paneel aus durchgeführt.
Das Leitungsnetz besteht aus luftfahrttauglichen Material.
Die Kabel oder Kabelbäume der Zünd- und Funkausrüstung, Generator, Regler und Filter sind abgeschirmt. Verschiedene Trennstellen ermöglichen ein nachträgliches Auswechseln von Leitungen bzw. ein Aus- oder Einbauen von elektrischen Baugruppen.

V

Funkausrüstung

Gliederung

1. Allgemeines
1.1. Aufgaben der Funkausrüstung

2. Einige Grundlagen der Hochfrequenztechnik
2.1. Wechselstrom
2.2. Frequenz
2.3. Wellenlänge

3. Einteilung der Frequenzen
3.1. Benennung der Frequenzen

4. Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen
4.1. Boden-Raumwelle
4.2. Ausbreitungseigenschaften von elektromagnetischen Wellen im UKW-Bereich

5. Modulation
5.1. Notwendigkeit der Modulation
5.2. Prinzip der Modulation
5.3. Arten der Modulation
5.3.1. Amplitudenmodulation
5.3.2. Frequenzmodulation

6. Trägerfrequenz - Seitenband - Bandbreite
6.1. Träger oder Sendefrequenz
6.2. Seitenbänder
6.3. Bandbreite

7. Elektroakustische Wandler
7.1. Mikrofone
7.2. Lautsprecher

8. Der Sender
8.1. Aufgabe des Senders
8.2. Prinzipschaltbild des Senders

9. Der Empfänger
9.1. Aufgabe des Empfängers
9.2. Prinzipschaltbild des Empfängers

10. Die Geräuschsperrenschaltung im Empfänger
10.1. Aufgabe der Geräuschsperrenschaltung
10.2. Anwendung der Geräuschsperrenschaltung

11. Das Funkgerät LUN 3522
11.1. Allgemeine Angaben
11.2. Angaben für den Sender
11.3. Angaben für den Empfänger
11.4. Hauptteile, Sitz der Hauptteile
11.5. Verbindungsschema
11.6. Das Fernbedienteil
11.7. Inbetriebnahme der Station LUN 3522

12. Das Funkgerät LUN 3524
12.1. Allgemeine Angaben
12.2. Angaben für den Sender
12.3. Angaben für den Empfänger
12.4. Hauptteile, Sitz der Hauptteile
12.5. Verbindungsschema
12.6. Fernbedienteil
12.7. Inbetriebnahme der Station LUN 3524

13. Die Sprechgeschirre Lun 3522.60 und LUN 3522.62
13.1. Verkabelung
13.2. Umgang mit dem Sprechgeschirr

14. Verhalten bei besonderen Fällen
14.1. Verhalten bei Verbindungsausfall
14.2. Handlung bei Generatorausfall in Bezug auf die Funkanlage

1. Allgemein

In einem modernen Flugzeug ist neben den verschiedenen Ausrüstungsgruppen die Funkausrüstung nicht mehr wegzudenken. Sie trägt im hohen Maße zur Sicherheit von Mensch und Maschine bei.

1.1. Aufgabe der Funkausrüstung

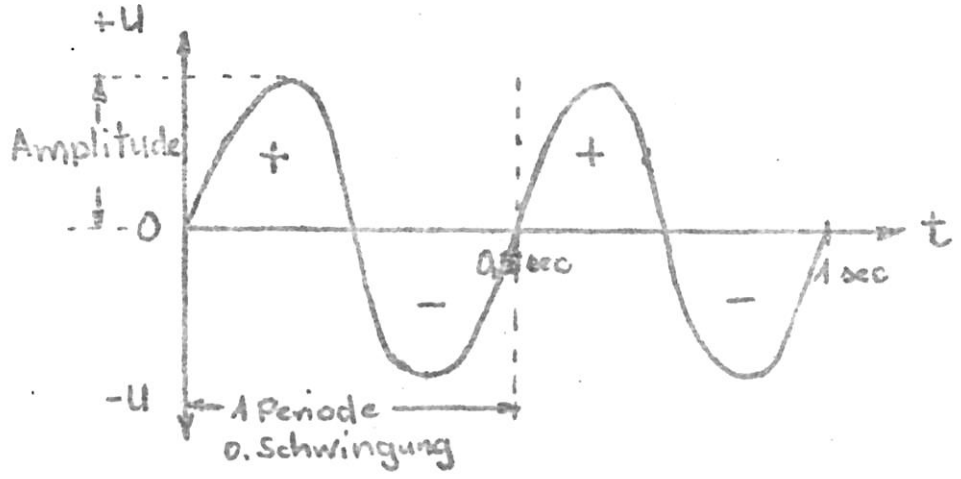
Bereits kleinere Flugzeuge, wie die Z-42 haben mindestens einen Sender und einen Empfänger an Bord. Der Flugzeugführer ist damit in der Lage, Informationen der Bodenstelle zu empfangen sowie Informationen mit der Bodenstelle und mit anderen Flugzeugen auszutauschen. In mehrsitzigen Flugzeugen ist die Bordverständigungsanlage zu einem festen Bestandteil geworden.

2. Einige Grundlagen der Hochfrequenztechnik

Die Aufgabe der drahtlosen Nachrichtenübermittlung ist es mit beweglichen Gegenstellen mit denen ein drahtgebundener Informationsaustausch unmöglich ist, eine Verbindung herzustellen. Als Träger für den Nachrichteninhalt benutzt man hochfrequente elektromagnetische Schwingungen.

2.1. Wechselstrom

Einen Strom, der seine Richtung und seine Stärke fortwährend ändert, bezeichnet man als Wechselstrom. Sein Verlauf ist sinusförmig.



z.B. 2 Schwingungen pro sec. f = 2 Hz

2.2. Frequenz

Als Frequenz wird die Anzahl der Perioden pro sec bezeichnet.

1 Hz
1000 Hz = 1 KHz
1000 KHz = 1 MHz

2.3. Wellenlänge (λ)

Da die Ausbreitungsgeschwindigkeiten aller elektrischen Erscheinungen der Lichtgeschwindigkeit (C) entspricht, besteht zwischen Frequenz und Wellenlänge ein Zusammenhang der aus der Formel

$$f = \frac{C}{\lambda}$$

zu ersehen ist.
Die Länge einer Periode nennt man Wellenlänge.

3. Einteilung der Frequenzen

Man teilt das Frequenzband im Prinzip in Niederfrequenz (NF) o - 3o KHz und Hochfrequenz (HF) über 3o KHz ein.

3.1. Benennung der Frequenz

Die HF zur Informationsübertragung wird wie aus der Zusammenstellung ersichtlich weiter unterteilt.

Kurzzeichen	Frequenzbereich	Wellenbereich	Bezeichnung
VLF	1o KHz - 3o KHz	3o km - 1o km	Längswellen
LF	3o KHz -3oo KHz	1o km - 1 km	Langwellen
MF	3oo KHz - 3 MHz	1ooo m -1oo m	Mittelwellen
HF	3 MHz - 3o MHz	1oo m - 1o m	Kurzwellen
VHF	3o MHz -3oo MHz	1o m - 1 m	Ultrakurzwellen
UHF	3oo MHz -3ooo MHz	1oo cm - 1o cm	Dezimeterwellen
SHF	3ooo MHz - 3oooo MHz	1o cm - 1 cm	Zentimeterwellen
EHF	3oooo MHz -3ooooo MHz	1 cm - 1 mm	Millimeterwellen

4. Ausbreitung der elektromagnetischen Wellen

Zur drahtlosen Informationsübertragung werden elektromagnetische Wellen benötigt.

4.1. Boden - Raumwelle

Untersucht man die Ausstrahlung eines Senders so stellt man zwei Hauptkomponente fest

a) die Bodenwelle
b) die Raumwelle

Die Bodenwelle ist jener Teil der Strahlung, der längs der Erdoberfläche wirksam ist. Ihre Reichweite ist stark abhängig von der Frequenz und der Bodenbeschaffenheit.
Die Raumwellenkomponente breitet sich vom Sender in Richtung Weltraum aus. Sie stößt in etwa 80-300 Km auf ionisierte Gasschichten. Diese Gasschichten (Heavisideschicht) reflektieren in den unteren HF-Bereich die elektromagnetischen Wellen zur Erde zurück. Eine Besonderheit der elektromagnetischen Wellen besteht darin, daß sie mit zunehmender Frequenz die Ausbreitungseigenschaften des Lichtes annehmen. Dieses geschieht ab ca. 30 MHz.

4.2. Ausbreitungseigenschaften von elektromagnetischen Wellen ab UKW - Bereich

- Die Wellenausbreitung erfolgt geradlinig und reicht daher nur bis etwas über den Horizont (Verbindung mit direktem Strahl)
- Sie werden von der Heavisideschicht nicht mehr reflektiert (Nutzung für Raumfahrt möglich)
- Sie werden von größeren Gegenständen reflektiert. Es treten Abschattungen auf.
- Sie können gebündelt abgestrahlt und empfangen werden.
- An Trennflächen zweier Medien unterschiedlicher Dichte (Warmluftschichten) werden sie gebrochen.

5. Modulation

5.1. Notwendigkeit der Modulation

Die Sprache des Menschen besitzt zwei Hauptkomponete

a) die Lautstärke
b) die Tonfrequenz

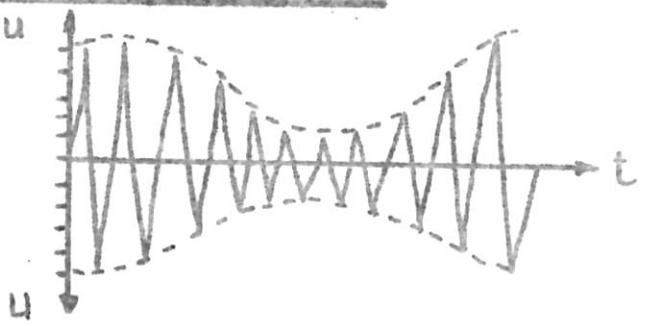
Diese Komponenten sollen in proportionale Wechselströme umgewandelt werden. Würde man diese Ströme direkt durch einen Sender zur Ausstrahlung bringen, so wäre in Folge der niedrigen Sprachfrequenz keine wirtschaftliche Reichweite zu erreichen. (überdimentionale Bauteile nötig) Außerdem könnte in Folge gegenseitiger Beeinflussung (Sprachfrequenz 2oo Hz - 2 KHz) immer nur ein Sender in Betrieb sein.

5.2. Prinzip der Modulation

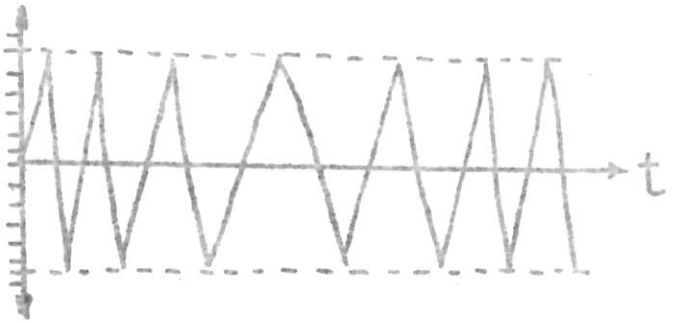
Man erzeugt eine bestimmte Trägerfrequenz und moduliert (verändert) diese im Rythmus der Modulationsfrequenz (Sprache). Als Trägerfrequenzen werden Frequenzen von 3o KHz aufwärts verwendet. Der Flugfunkbereich liegt 1oo - 15o MHz.

5.3. Arten der Modulation

5.3.1. Amplitudenmodulation



5.3.2. Frequenzmodulation



6. Trägerfrequenz - Seitenband - Bandbreite

6.1.

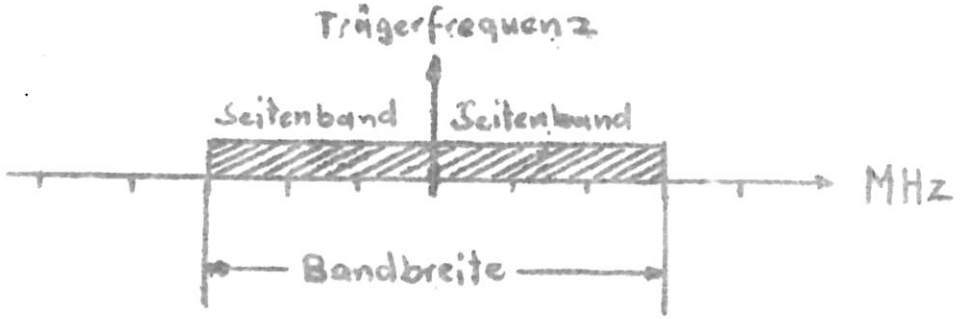
Jeder Sender hat eine bestimmte festgelegte Frequenz auf die er ausstrahlt. Diese bezeichnet man als Trägerfrequenz oder Sendefrequenz.

6.2.

Um diese Trägerfrequenz verbreitert sich die ausgestrahlte Frequenz um den Betrag der Modulationsfrequenz. Dabei entstehen links und rechts neben der Trägerfrequenz Seitenbänder.

6.3.

Diese zwei Seitenbänder zusammen ergeben die Bandbreite eines Senders.



7. Elektroakustische Wandler

7.1.

Mikrofone sind Geräte, die akustische Schwingungen in proportionale elektrische Schwingungen umwandeln. Wir kennen verschiedene Arten von Mikrofone z.B.:

Kristall Kohle und
Kondensator elektrodynamische Mikrofone

7.2.

Lautsprecher oder Kopfhörer sind Geräte, die elektrische Schwingungen in proportionale akustische Schwingungen umwandeln. Auch hier kennen wir verschiedene Arten:

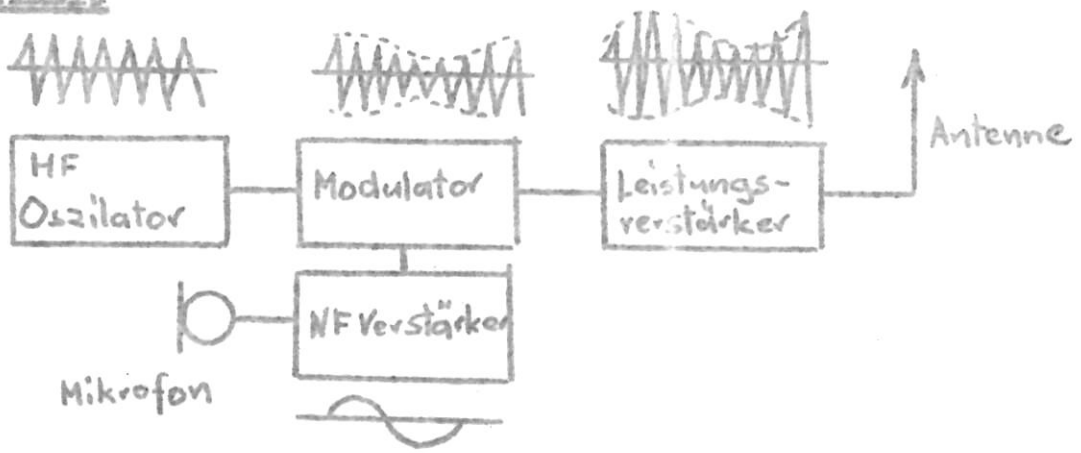
elektrodynamische und permanentdynamische Lautsprecher.

8. Der Sender

8.1. Aufgabe

Der Sender einer Funkanlage hat die Aufgabe eine bestimmte Trägerfrequenz zu erzeugen, diese mit einem Informationssignal zu modulieren und über eine Antenne in den Raum auszustrahlen.

8.2. Prinzip



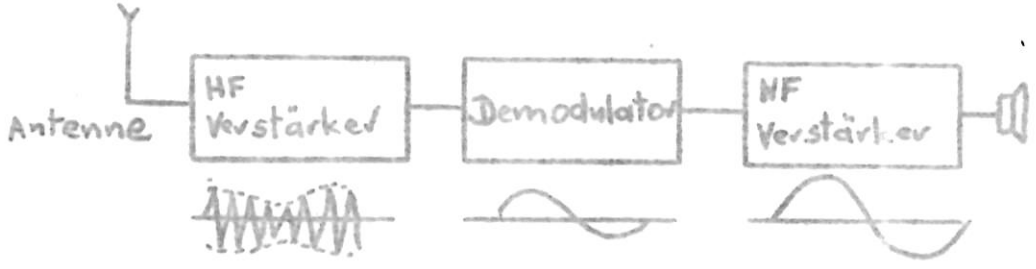
In der Steuerstufe wird eine Trägerfrequenz erzeugt, dieses geschied durch eine Kopplung von Schwingkreisen und Verstärkerelementen. (Elektronenröhren oder Transistoren) Zur Stabilisierung dieser Frequenz werden in der Regel Quarze verwendet. Diese Trägerfrequenz wird in der Modulationsstufe mit der von dem Mikrofon erzeugten elektrischen Schwingungen moduliert. Über die Endverstärkerstufe, die eine für die Ausstrahlung notwendige Leistung erzeugt wird dann das Signal über eine Antenne als elektromagnetische Welle in den Raum abgestrahlt.

9. Der Empfänger

9.1. Aufgabe

Der Empfänger hat die Aufgabe über eine Antenne eine bestimmte elektromagnetische Welle aus dem Raum zu selektieren und das Informationssignal, in diesem Fall die Sprache, über einen elektroakustischen Wandler hörbar zu machen.

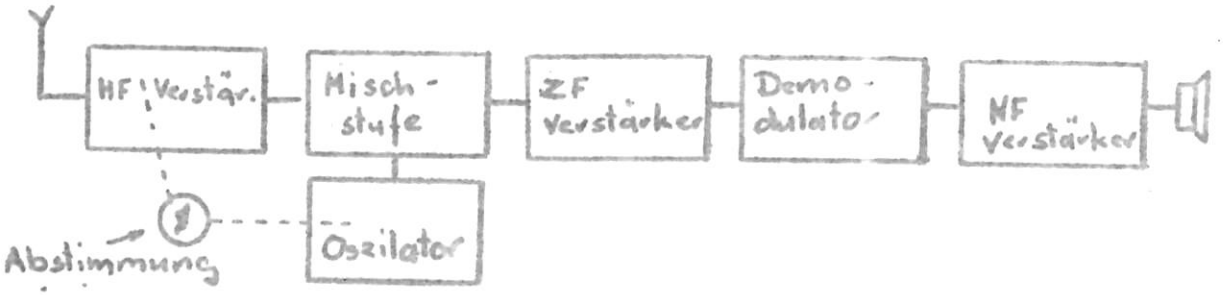
9.2. Prinzip



Das über eine Antenne und dem HF-Verstärker selektierte Signal gelangt zum Demodulator. Dort wird die Information (z.B. Sprachschwingungen) von der Trägerfrequenz getrennt. Im NF-Verstärker wird eine für den Lautsprecher oder Kopfhörer zur Aussteuerung benötigte Leistung erzeugt und dann hörbar gemacht. Dieses Prinzip des Geradeausempfängers hat in Bezug auf Trennstärke und Verstärkung Nachteile die den Einsatz anderer Schaltungsvarianten notwendig machte. Als in der Nachrichtentechnik gebräuchlichste Empfängerart gilt der Überlagerungsempfänger.
Im Überlagerungsempfänger wird im Prinzip der selektierten Trägerfrequenz eine im Empfänger erzeugte Oszilatorfrequenz zugemischt, die als Differenz eine konstante Zwischenfrequenz ergibt.

$$f_o \pm f_{Osz} = f_z \text{ constant}$$

Nach der Verstärkung der Zwischenfrequenz in den Zwischenfrequenzverstärkerstufen erfolgt die weitere Verwendung des Signals wie im Geradeausempfänger.



1o. Die Geräuschsperrenschaltung im Empfänger

1o.1. Aufgabe

Bei stark einfallenden Sendern, das eigenrauschen des Empfängers sowie geringe atmosphärische Störungen zu unterdrücken.

1o.2. Anwendung

Geräuschsperre " eingeschaltet "
In der Regel bei Flügen im Platzgebiet in Entfernungen bis zu 5oKm von der Gegenstelle

Geräuschsperre "Ausgeschalten "
- bei Flügen über größere Entfernungen von der Gegenstelle
- beim Empfang sehr leistungsschwacher Sender

11. Das Funkgerät LUN 3522 (VKDC - 1)

11.1. Allgemeine Angaben

Betriebsart: Ein-Kanal- simplex (d.h. die Sendung und der Empfang erfolgt auf einem Kanal und ist nur wechselseitig möglich.
Betriebsbereitschaft: Nach ca. 2 Min.
Modulationsart: Amplitudenmoduliert A3 Sprechfunk
Stromentnahme: Senden/Empfang 7,5 A / 3,5 A
Speisenennspannung: 28 Volt
Abstimmdauer bei Kanalwechsel: ca. 5 sec.
Kanalabstand: 5o KHz
Station ist mit Bordsprechgerät (IC) ausgerüstet.
Sender/Empfänger sind quarzstabilisiert

11.2. Angaben für den Sender

Frequensbereich: 118 - 135,95 MHz
Kanalzahl: 36o
Sendeleistung: ca. 16 Watt
Zulässiger Dauerbetrieb: max. 1o Min.

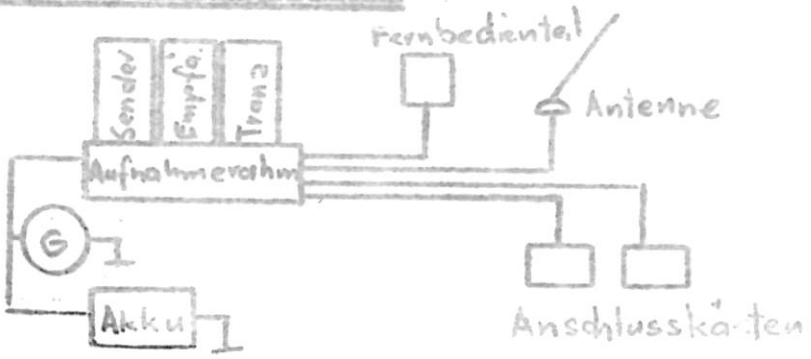
11.3. Angaben für den Empfänger

Frequenzbereich: 1o8 - 135,95 MHz
Kanalzhal: 56o
Geräuschsperrenregelung: abschaltbar
Empfindlichkeit: ca. 3 V

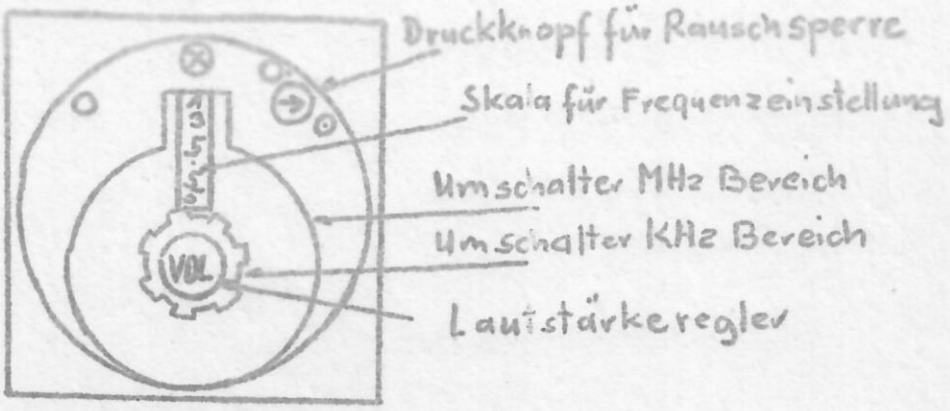
11.4. Hauptteile, Sitz der Hauptteile

Sender: Gepäckablage
Empfänger: Gepäckablage
Transverter: Gepäckablage
Aufnahmerahmen: Gepäckablage
Fernbedienteil: Instrumentenbrett
Anschlußkästen: linke und rechte Bordwand neben den Pilotensitzen
Sendeknopf: Steuerknüppel
IC-Knopf: Steuerknüppel
Antenne: Rumpfoberteil

11.5. Verbindungsschema



11.6. Das Fernbedienteil



11.7. Inbetriebnahme der Station LUN 3522

- Bordnetzspannung überprüfen
- Anlage über Hauptschalter und Schalter radio einschalten
- Frequenzwahl vornehmen und Lautstärkeregler auf max.
- Rauschunterdrücker auf ein
- Bei Empfnag leistungsschwacher Sender Rauschunterdrücker auf aus
- Überprüfen der IC-Anlage (Bordsprech) durch Betätigung des kleinen Knopfes auf dem Steuerknüppel und dabei sprechen
- Überprüfen des Senders durch Betätigen des Knopfes VHF auf dem Steuerknüppel und Verbindungsaufnahme mit einer Gegenstation

A c h t u n g Beim Anlassen des Triebwerkes nicht senden, bei Alleinflüge zweites Sprechgeschirr abkoppeln.

12. Das Funkgerät LUN 3524

12.1. Allgemeine Angaben

Betriebsart: Einkanal-simplex (d.h. die Sendung und der Empfang erfolgt auf einem Kanal und ist nur wechselseitig möglich.)
Betriebsbereitschaft: Nach ca. 1 Min.
Modulationsart: Amplitudenmoduliert A3 Sprechfunk
Stromentnahme: Senden/Empfang 4 A / o,5 A
Speisenennspannung: 28 Volt
Zulässige Speisespannung: 18 - 3o Volt
Station ist mit Bordsprechgerät (IC) ausgerüstet
Sender/Empfänger sind quarzstabilisiert

12.2. Angaben für den Sender

Frequenzbereich: 118 - 137,975 MHz
Anzahl der Kanäle: 8oo
Sendeleistung: ca. 16 Watt

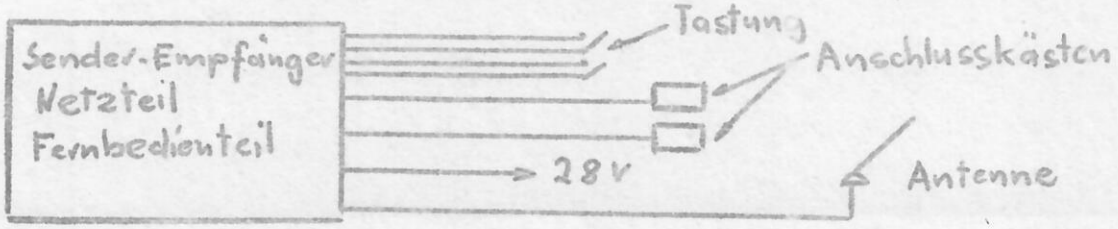
12.3. Angaben für den Empfänger

Frequenzbereich: 118 - 137,975 MHz
Anzahl der Kanäle: 8oo
NF-Ausgangsleistung: ca. 1oo mW
Empfindlichkeit: 1 -2μ V

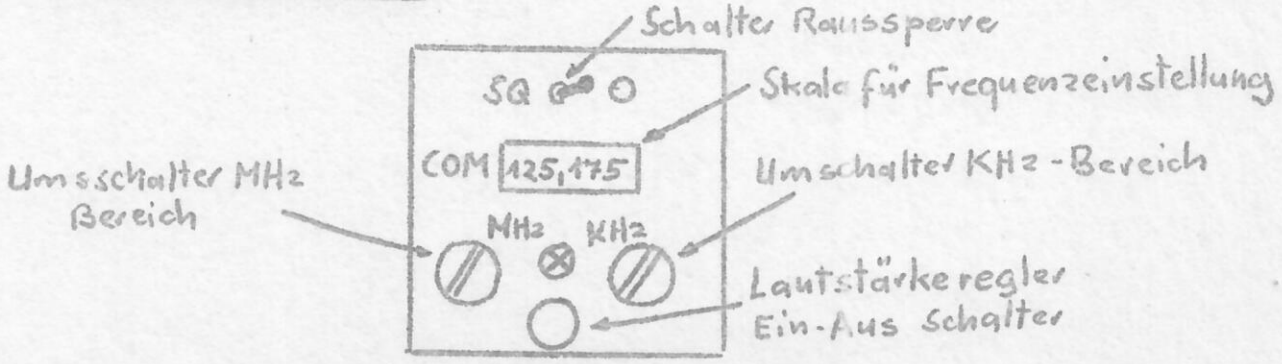
12.4. Hauptteile - Sitz der Hauptteile

Konstruktionseinheit
Sender - Empfänger - Netzteil - Fernbedienungsteil / Instrumentenbrett
Anschlußkästen für Sprechgeschirr / rechte und linke Bordwand neben den Pilotensitzen
Sendeknopf: Steuerknüppel
IC-Knopf: Steuerknüppel
Antenne: Rumpfoberteil

12.5. Verbindungsschema



12.6. Fernbedienung



12.7. Inbetriebnahme der Station LUN 3524

- Bordnetzspannung überprüfen
- Anlage über Hauptschalter - Schalter radio und Lautstärkereglerschalter einschalten
- Frequenzwahl vornehmen und Lautstärkeregler auf max.
- Rauschunterdrücker (SQ) auf SQ
- Bei Empfang leistungsswacher Sender Schalter SQ auf Null
- Überprüfung der Bordverständigung durch Drücken und Sprechen des IC-Knopfes auf dem Steuerknüppel
- Überprüfen des Senders durch Betätigung des Knopfes VHF auf dem Steuerknüppel und Verbindungsaufnahme mit einer Gegenstation

A c h t u n g Für die Funkstation 3524 ist es nur gestattet die Sprechgarnitur LUN 3522.6o zu verwenden (blaue Kennzeichnung)

- Beim Anlassen des Triebwerkes nicht senden

13. Die Sprechgeschirre LUN 3522.6o und LUN 3522.61

Der Unterschied dieser zwei Sprechgeschirre besteht lediglich in der Schaltung des Mikrofonverstärkers.

13.1. Verkabelung

13.2. Umgang mit dem Sprechgeschirr

Das Sprechgeschirr ist vor Nässe und unsachgemäßer Behandlung der Verkabelung zu schützen.

14. Verhalten bei Besonderen Fällen

Verhalten

14. Verhalten bei Besonderen Fällen

14.1. Verhalten bei Verbindungsausfall

Die Ursachen eines Verbindungsausfalls kann auf verschiedene Gründe zurückzuführen sein. Neben den technischen Defekten, deren Behebung durch den Piloten nicht möglich ist, kann durch zielgerichtetes Suchen in vielen Fällen die Verbindung wieder hergestellt werden.

- Spannung überprüfen
- Sitz des Sprechgeschirrs sowie der Klinkenstecker überprüfen
- Frequenzeinstellung überprüfen
- Stellung des Lautstärkereglers überprüfen
- Überprüfung des Sprechgeschirrs auf Funktionstüchtigkeit über das Bordsprechgerät
- Rauschsperreregelung ausschalten

14.2. Handlung bei Generatorausfall in Bezug auf die Funkanlage

Bei Generatorausfall ist die Funkanlage nur bei Bedarf einzuschalten.