



Boeing 707-330

Kapitel 72, 73 und 75-3

Motor JT 3 D-3

Lufthansa

Technische Schule

Eigentum der
Deutschen Lufthansa AG
Bei Ausscheiden aus der Firma zurückzugeben

ACHTUNG!

**Dieser Umdruck bringt Grundlagen über modernes
Luftfahrtgerät in einem Umfang, der über den Inhalt
der meisten Lehrgänge hinausgeht. Der zu erlernende
Stoff wird in den einzelnen Lehrgängen jeweils durch
den Unterricht festgelegt.**

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

72-1 Übersicht	General
72-2 Allgemeine Einführung	General introduction
2.1 Kurzbeschreibung des Triebwerkes	Engine discription
2.2 Einführung in das FAN-Prinzip	FAN-Engine introduction
72-3 Aufbau	Mounting
3.1 Allgemeines	General
3.2 Aufbau und Lagerung der Rotorsysteme	Mounting and bearing of rotor systems
3.3 Aufbau der Motorgehäuse	Mounting of engine cases
3.4 Hilfsgeräteantriebe	Accessorydrives
72-3 Schmierstoffanlage	Oil system
4.1 Allgemeines	General
4.2 Hauptteile der Anlage	Mainparts of oil system
4.3 Ölkreislauf	Oil circulation
4.4 Entlüftung	Breathersystem
4.5 Überwachung	Indication
4.6 Wartung	Maintenance
72-5 Kühl- und Dichtluftanlage	Cooling and sealing air system
5.1 Allgemeines	General
5.2 Luftführung	Air circulation
5.3 Lagerabdichtung	Bearing seals
73-1 Motorkraftstoffanlage	Engine fuel system
1.1 Allgemeines	General
1.2 Hauptteile	Mainparts
1.3 Allgemeiner Kraftstoff- Fluß	General fuel Flow
1.4 Motorkraftstoffpumpe	Engine driven fuel pump
1.5 Verteiler- und Ablaßventil	Pressurizing and dump valve
1.6 Brenneringleitung und Brenner	Burner manifold and burner
1.7 Kraftstoffregler	Fuel control unit
1.8 Allgemeine Wartungs- arbeiten	Maintenance

Lufthansa

Technische Schule

Motor 707-330

Übersicht

Kap. 72-

Seite 2

Datum 8.65

Bearbeiter nek

Korrektur-Nr.

75-3 Verdichterabblasanlage

Surge bleed valve system

3.1 Allgemeines

General

3.2 Aufbau

Mounting

3.3 Arbeitsweise

Function

72-2 Allgemeine EinführungGeneral introduction2.1 Kurzbeschreibung des TriebwerkesEngine descriptionTyp des Triebwerkes

2-Wellen-"FRONT FAN"-Strahltriebwerk.

Hersteller

Pratt & Whitney Aircraft (PWA)

Drehrichtung

Beide Wellen in Flugrichtung gesehen im Uhrzeigersinn.

Verdichter

Niederdruckverdichter (NDV)
(N_1 -Drehzahl)

6 Stufen und 2 FAN-Stufen, Axialverdichter.

Hochdruckverdichter (HDV)
(N_2 -Drehzahl)

7 Stufen, Axialverdichter.

Verbrennungssystem

Ringförmiges Gehäuse, in dem 8 untereinander verbundene Flammenrohre untergebracht sind.

Flammrohr-Nummerierung

In Flugrichtung gesehen, rechts herum. (Drehrichtung der Hauptwelle) Flammenrohre Nr. 1 und Nr. 8 liegen oben nebeneinander.

Turbinen

Insgesamt 4 Stufen

Hochdruckturbinen (HDT)
(N_2 -Drehzahl)

einstufig, Axialturbinen.

Niederdruckturbinen (NDT)
(N_1 -Drehzahl)

dreistufig, Axialturbinen.

Schmierstoffanlage

Trockensumpf-Druckumlaufschmierung

Zirkulation

Ölzirkulation durch eine Druckölpumpe und fünf Rückförderpumpen.

Öltank-Druckpumpe - Druckölfilter - Schmierstellen - Rückförderpumpen - Ölkühler - Öltank.

Ölspezifikation	DERD 2487 \cong MIL-L-7808 \cong PWA 521 \cong Castrol 3 C
Tankkapazität	6,6 US Gal. = 24,98 Ltr.
Betankung	Gefällebetankung, Peilstab und elektr. Kapazitätsmessung zur Ölstandskontrolle.
<u>Kühl- und Dichtluftanlage</u>	An verschiedenen Stellen des Triebwerkes wird Luft abgenommen. Sie dient zum Kühlen von Lagern, Verdichter- und Turbinenscheiben und zur Druckbeaufschlagung der Lagerdichtungen.
<u>Kraftstoffanlage</u>	
Kraftstoffspezifikation	JP1A \cong DERD 2494 (Kerosin)
Kraftstoffpumpe	Zweistufige Zahnradpumpe
Kraftstoffregler	Hydromechanischer Kraftstoffregler Hamilton Standard JFC 25-12
Brenner	In jedem Flammenrohr befinden sich 6 Brenner, die einen Primär- und einen Hauptzerstäuber in coaxialer Anordnung besitzen.
Kraftstoff-Filter	Papierfilterelement
<u>Triebwerksaufhängung</u>	3 Punkt - Aufhängung
<u>Triebwerksabmessungen</u>	
Gewicht :	1830 kg (ohne Schubumkehrer und -düse)
Länge :	3,76 m
FAN-Durchmesser :	1,35 m

2.2 Einführung in das FAN-PrinzipFan engine introduction

FAN-Triebwerke wurden in dem Bemühen entwickelt, einen Flugzeugantrieb mit einem guten Gesamtwirkungsgrad bei mittleren Fluggeschwindigkeiten (450-550 knots) zu erhalten. Von den Triebwerken wird aber ebenso ein verhältnismäßig hoher Schub gefordert.

Der Schub ergibt sich aus der sekundlich durchgesetzten Masse und der Differenz der kinetischen Energie, wobei die Masse m^* das Luftgewicht G^* dividiert durch die Erdbeschleunigung (g) ist. Die Differenz der kinetischen Energie ergibt sich aus der Luftbeschleunigung innerhalb des Triebwerkes.

$$S = m^* \cdot (v_{\text{Strahl}} - v_{\text{Flug}})$$

Der oben erwähnte Gesamtwirkungsgrad setzt sich im wesentlichen aus dem thermischen Wirkungsgrad η^{th} und dem Vortriebswirkungsgrad η^p zusammen. Daraus ergibt sich als Gesamtwirkungsgrad

$$\eta_{\text{ges}} = \eta^{th} \cdot \eta^p$$

Der thermische Wirkungsgrad η^{th} ist in der Hauptsache vom Verdichtungsverhältnis und von der Gastemperatur abhängig. Bei den einzelnen Turbinentriebwerken liegt man aber durch die Abmessungen und den Luftdurchsatz mit dem Verdichtungsverhältnis fest. Man bekommt so eine direkte Abhängigkeit zwischen der Gastemperatur und dem thermischen Wirkungsgrad. Dieser thermische Wirkungsgrad wird durch die zur Verfügung stehenden Werkstoffe, besonders im Bereich der Turbine, begrenzt. Er ist somit ein vom jeweiligen Stand der Technik festgelegter Wert.

Der Vortriebswirkungsgrad η^p ist wesentlich abhängig von dem Verhältnis zwischen Fluggeschwindigkeit und Gasaustrittsgeschwindigkeit.

$$\eta^p = \frac{2}{1 + \frac{v_{\text{Strahl}}}{v_{\text{Flug}}}}$$

Es würde sich also nach oben stehender Formel ein guter Vortriebswirkungsgrad η^p ergeben, wenn man versucht die Gasaustrittsgeschwindigkeit an die Fluggeschwindigkeit des Flugzeuges anzugleichen. Es muß aber bei der Betrachtung des Vortriebswirkungsgrades und der Möglichkeit seiner Steigerung auch die angeführte Forderung nach einem guten Schub in Betracht gezogen werden.

* sekundlich durchgesetzte Luftmasse bzw. sekundlich durchgesetztes Luftgewicht.

Man hat grundsätzlich zwei Möglichkeiten einen verhältnismäßig großen Schub mit einem Turbinentriebwerk zu erzeugen:

- Einer kleinen Luftmasse wird innerhalb des Triebwerkes eine hohe Beschleunigung erteilt.
- Das Triebwerk erteilt einer großen Luftmasse eine relativ kleine Beschleunigung.

Es soll zunächst ein ganz einfaches Turbinentriebwerk betrachtet werden (Blatt 6). Bei dieser Triebwerksart ergibt sich die Möglichkeit, durch verbesserte Schaufelwerkstoffe, die Gastemperatur zu erhöhen. Daraus resultiert eine Erhöhung der Gasaustrittsgeschwindigkeit (Strahlgeschwindigkeit). Die Erhöhung der Gasaustrittsgeschwindigkeit wirkt sich jedoch bei geforderter gleichbleibender Fluggeschwindigkeit stark negativ auf den Vortriebswirkungsgrad aus. Daraus entsteht folgende Wechselwirkung:

$$\eta_{ges} = \overset{\uparrow}{\eta_{th}} \cdot \eta_p \longrightarrow \eta_{ges} \text{ schlecht}$$

Wie man aus obenstehender Betrachtung ersehen kann, wird trotz Steigerung des thermischen Wirkungsgrades η_{th} der Gesamtwirkungsgrad des Triebwerkes schlecht. Das Triebwerk wird nun bei einem guten Schub einen relativ hohen spezifischen Kraftstoffverbrauch aufweisen, da die Steigerung von η_{th} durch entsprechenden Energieaufwand erkauft werden mußte. Verzichtet man auf eine Steigerung der Gastemperatur, um die Gasaustrittsgeschwindigkeit relativ niedrig zu halten und damit η_p zu steigern, ergäbe sich ein schlechterer η_{th} und somit folgende Wechselwirkung:

$$\eta_{ges} = \eta_{th} \cdot \overset{\uparrow}{\eta_p} \longrightarrow \eta_{ges} \text{ mäßig}$$

Der spezifische Kraftstoffverbrauch ist zwar in diesem Fall annehmbar, nur ist der Schub des Triebwerkes jetzt geringer, als in dem vorhergehenden Beispiel. Eine Steigerung der Triebwerksleistung (Schub) wäre nur durch eine entsprechende Vergrößerung des Triebwerkes (Erhöhung des Luftdurchsatzes) möglich. Dadurch würde zwangsläufig das Gewicht des Triebwerkes und damit der Gesamtkraftstoffverbrauch ansteigen.

Es mußte für die im heutigen Zivilluftverkehr gebräuchlichen Fluggeschwindigkeiten ein Weg gefunden werden, der es ermöglicht, ein Triebwerk mit möglichst gutem Gesamtwirkungsgrad und einem verhältnismäßig hohen Schub zu bauen. Es ist also erforderlich, den thermischen Wirkungsgrad η_{th} und den Vortriebswirkungsgrad η_p auf relativ hohe Werte zu bringen.

$$\eta_{ges} = \overset{\uparrow}{\eta_{th}} \cdot \overset{\uparrow}{\eta_p} \longrightarrow \eta_{ges} \text{ gut}$$

Für Kurz- und Mittelstreckenmaschinen stellt die Propellerturbine (Blatt 6) bei mäßigen Fluggeschwindigkeiten eine gute

Lufthansa

Technische Schule

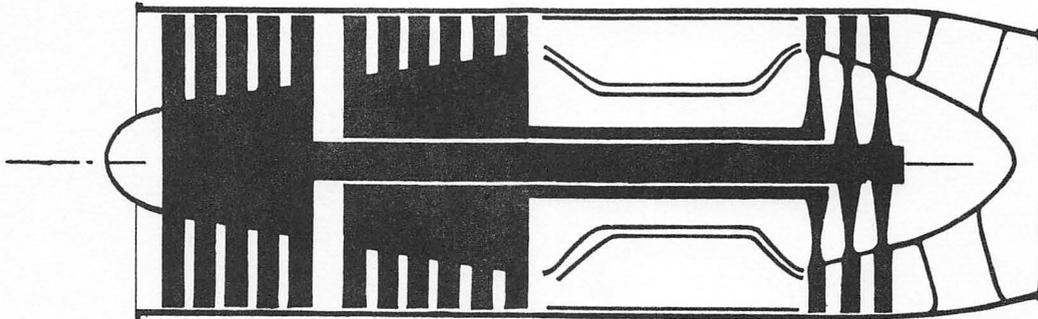
Motor 707-330
Allgemeine EinführungKap. 72-2 Seite 5
Datum 8.65
Bearbeiter net
Korrektur-Nr. 2

Lösung dar. Man erhöht bei diesen Triebwerken die Gastemperatur, soweit es die Werkstoffe ermöglichen. Es ergibt sich daraus ein guter thermischer Wirkungsgrad des Triebwerkes. Der mit hoher Geschwindigkeit des Verbrennungssystem verlassende Gasstrahl wird aber nicht direkt zur Schuberzeugung herangezogen. Man leitet ihn über eine mehrstufige Turbine. Diese hat die Aufgabe, soviel Leistung aus dem Gasstrahl zu entnehmen und in mechanische Energie umzuwandeln, daß sie in die Lage versetzt wird außer dem notwendigen Verdichter noch eine Luftschraube anzutreiben. Die Luftschraube erzeugt den zum Vortrieb des Flugzeuges notwendigen Schub. Sie erteilt einer verhältnismäßig großen Luftmasse eine mäßige Beschleunigung. Da die Geschwindigkeit des Schubstrahles verhältnismäßig niedrig ist, ergibt sich daraus ein guter Vortriebswirkungsgrad.

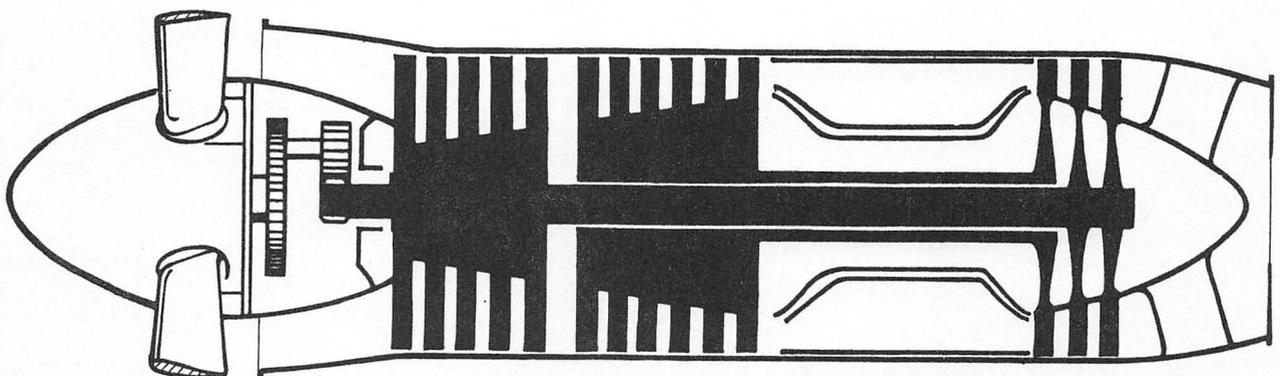
Die Propellerturbine läßt sich für Flugzeuge mit höheren Flugeschwindigkeiten (ca. 500 knots) nicht mehr verwenden, da der Luftschraubenwirkungsgrad schlecht wird. Für Flugzeuge dieser Art kam es zu der Entwicklung von FAN-Triebwerken, z.B. des Triebwerkes JT3 D-3. Man verwendet bei diesen Triebwerken hohe Gastemperaturen und erhält dadurch einen guten thermischen Wirkungsgrad. Der Gasstrahl strömt über mehrere Turbinenstufen, die ihm soviel Energie entziehen, daß die Gasaustrittsgeschwindigkeit einen Wert erhält, der einen guten Vortriebswirkungsgrad ergibt. Die Turbine erzeugt somit mehr Energie als zum Antrieb eines Verdichters notwendig wäre, der das Verbrennungssystem mit der entsprechenden Luftmenge versorgen könnte. Von diesem Verdichter wird aber ein Teil der geförderten und verdichteten Luft für das Verbrennungssystem benötigt. Der andere Teil wird abgezweigt und erzeugt einen zweiten Schubstrahl.

Beim FAN-Prinzip des JT3 D-3 verlängert man die Schaufeln der ersten zwei Verdichterstufen. Diese beiden Verdichterstufen wirken wie eine vielflüglige Luftschraube und erzeugen dadurch den zusätzlichen Schubstrahl, der außen um die Triebwerksverkleidung geführt wird.

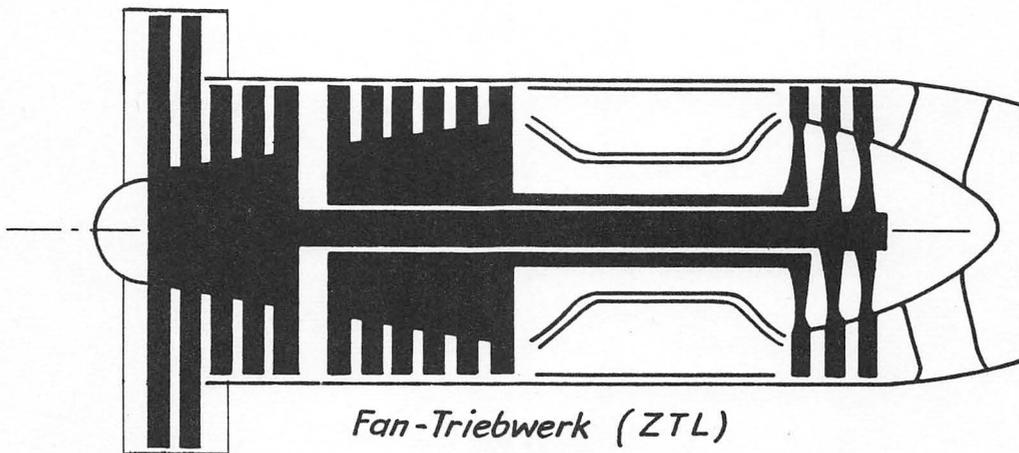
Man erhält bei dieser Triebwerksart einen guten Gesamtwirkungsgrad, da sich durch die angewandten hohen Gastemperaturen ein guter thermischer Wirkungsgrad η_{th} und durch die relativ niedrige Austrittsgeschwindigkeit ein guter Vortriebswirkungsgrad η_p einstellt. Es ergibt sich außerdem, bedingt durch den großen Luftdurchsatz, ein guter Schub.



Turbinenstrahltriebwerk (TL)

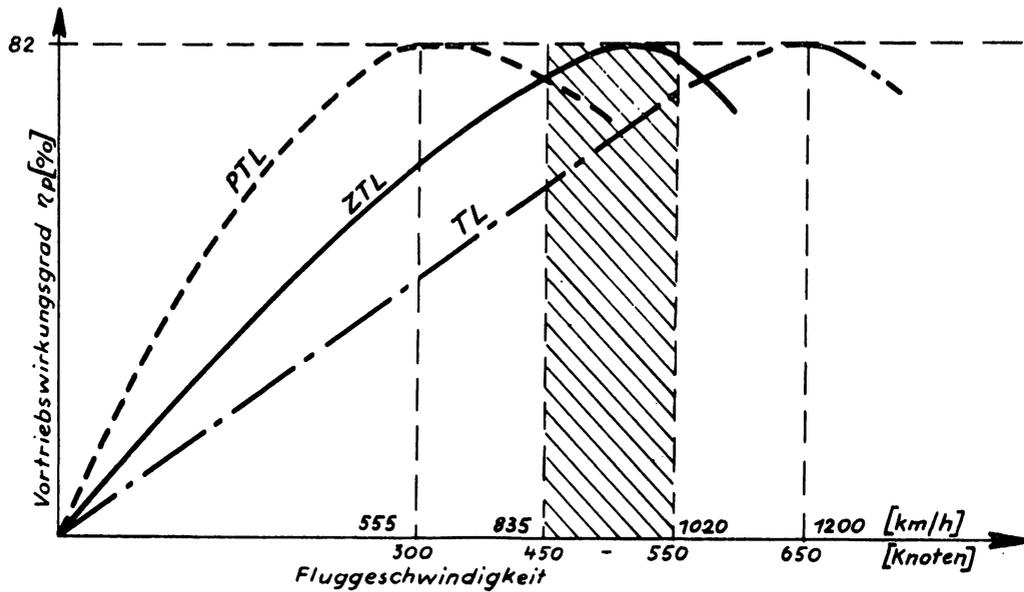


Propellerturbine (PTL)



Fan-Triebwerk (ZTL)

Schematische Darstellung verschiedener Turbinensysteme



Vortriebswirkungsgrade verschiedener Triebwerksarten

In dem obigen Schaubild sind die Vortriebswirkungsgrade der verschiedenen Strahltriebwerksarten im Verhältnis zu den angewandten Fluggeschwindigkeiten aufgetragen.

3 AufbauMounting3.1 AllgemeinesGeneral

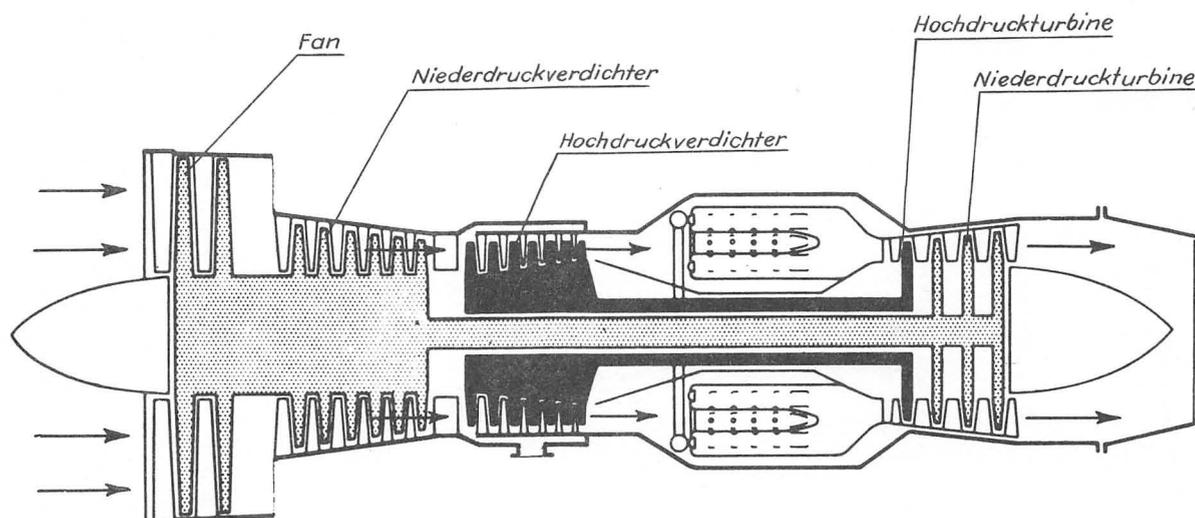
Das Blatt 2 zeigt die Anordnung der einzelnen Triebwerksgehäuse. Diese Gehäuse werden durch Flansche, die in Luftströmungsrichtung mit fortlaufenden Buchstaben bezeichnet sind, begrenzt. Der größte Teil der Flansche stellt wichtige Trennstellen für die Wartung und Überholung des Motors dar.

Der Motor JT3 D-3 ist in Motorstationen eingeteilt. Eine Motorstation gibt eine Zone im Inneren des Motors, in der keine wesentlichen Zustandsänderungen der Luft oder des Gases stattfinden, an.

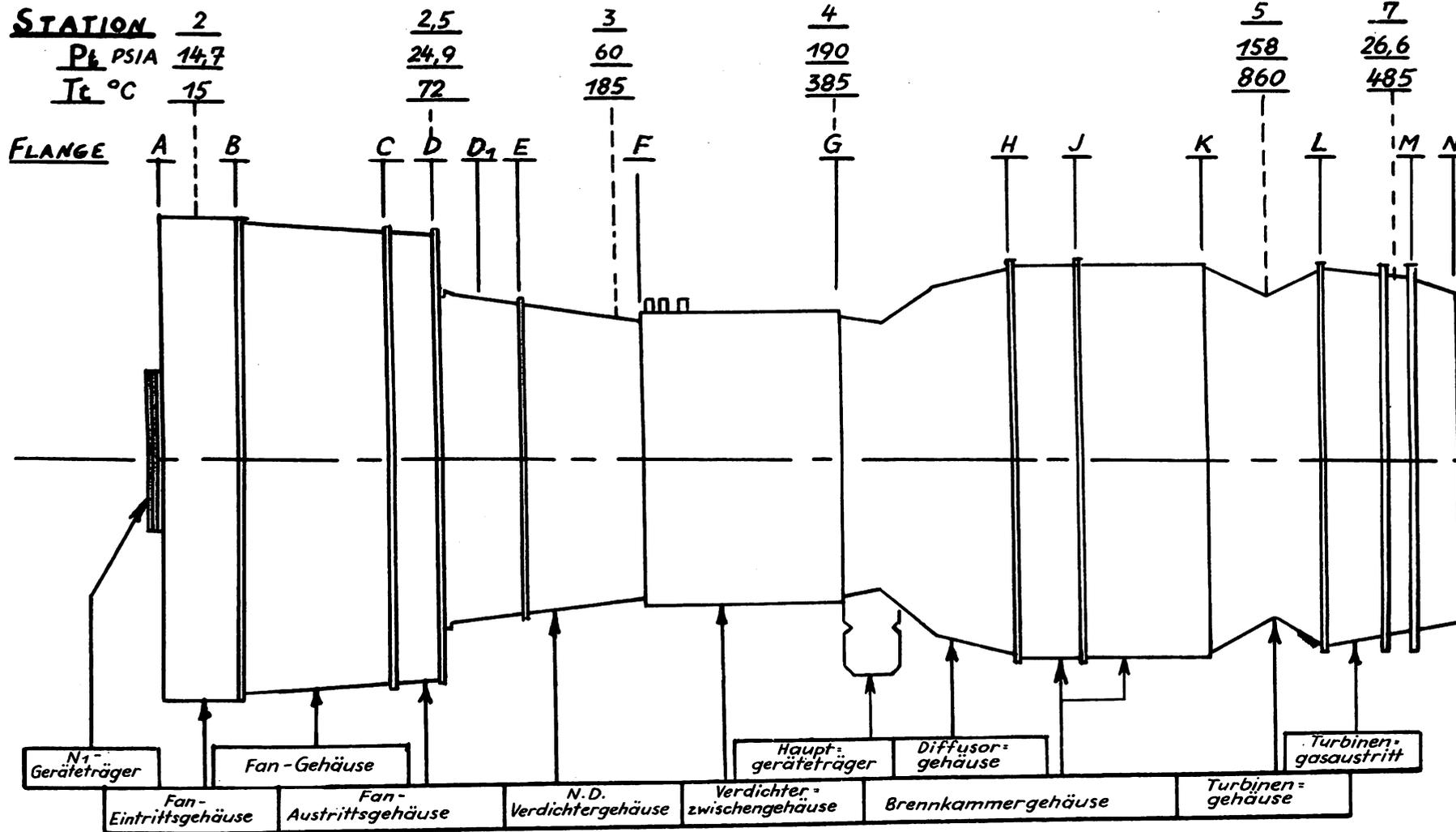
Die auf dem Blatt 2 angegebenen Druck- und Temperaturwerte beziehen sich auf Normaltag-Bedingungen und Startleistung des Triebwerkes in Meeresspiegelhöhe.

Der Motor JT3 D-3 ist mit zwei Axialverdichtern und einer vierstufigen Axialturbine ausgerüstet. Die beiden Axialverdichter rotieren mit verschiedenen Drehzahlen. Die Turbinenstufen müssen ebenfalls mit unterschiedlicher Drehzahl laufen.

Es werden bei diesem Motor zwei Rotorsysteme unterschieden, die nachfolgend schematisch dargestellt sind.



Motorübersicht



Stationen, Flansche und Gehäuse

Alle angegebenen Werte
gelten für ISA/SL/TO

3.2 Aufbau und Lagerung der Rotorsysteme

Mounting and bearing of rotor systems

3.2.1 Niederdruck Rotorsystem Low pressure rotor system

Das Niederdruck-Rotorsystem wird bei diesem Triebwerk auch als N_1 -Rotorsystem bezeichnet. Es setzt sich aus folgenden Hauptteilen zusammen:

- a) 2-stufiger FAN
- b) 6-stufiger Niederdruckverdichter
- c) 3-stufige Niederdruckturbine
- d) Verbindende Welle zwischen Niederdruckverdichter und Niederdruckturbine.

Die 3-stufige Turbine hat während des Betriebes die Aufgabe, über die verbindende Welle den Niederdruckverdichter und damit auch den am Niederdruckverdichter befestigten FAN, anzutreiben.

3.2.2 Hochdruck-Rotorsystem High pressure rotor-system

Dieses Rotorsystem trägt die Bezeichnung N_2 -Rotorsystem. Das Hochdruck-Rotorsystem besteht aus folgenden Hauptteilen:

- a) 7-stufiger Hochdruckverdichter
- b) 1-stufige Hochdruckturbine
- c) Verbindende Welle zwischen Hochdruckverdichter und Hochdruckturbine.

Die einstufige Turbine treibt während des Motorbetriebes über die verbindende Welle den Hochdruckverdichter an.

Die Welle des Niederdruck-Rotorsystemes läuft konzentrisch in der Welle des Hochdruck-Rotorsystemes und ist durch ein Stützlager gegenüber der Hochdruck-Rotorwelle abgestützt. Dieses Lager läuft mit der Differenz-Drehzahl der beiden Rotorwellen.

3.2.3 Lagerung der Rotorsysteme Bearing of rotor systems

Bei der Lagerung von Rotorsystemen eines Turbinenwerkes sind verschiedene Faktoren zu berücksichtigen.

Diese sind :

- a) Radialkraft
- b) Axialkraft
- c) Wärmeausdehnung der Welle.

Lufthansa

Technische Schule

Motor 707-330

Aufbau

Kap. 72-3 Seite 4
Datum 8.65
Bearbeiter net
Korrektur-Nr. 2

Zu a): Die von der Lagerung aufzunehmenden Radialkräfte setzen sich im wesentlichen aus dem Gewicht des Verdichtertrotors, des Turbinenrotors und der entsprechenden Welle zusammen.

Zu b): Innerhalb eines Turbinentriebwerkes entstehen Axialkräfte. Diese ergeben sich im Verdichter und in der Turbine. Die Axialkraft im Verdichter entsteht dadurch, daß der Luftdruck hinter dem Verdichter wesentlich größer ist als am Verdichtereintritt. Außerdem beschleunigen die Laufschaufeln die Luft, so daß sich eine Aktion ($m \cdot b$) ergibt. Es wirkt auf die jeweiligen Laufschaufeln eine Reaktionskraft, die die Schaufeln nach vorn zu drücken versucht.

Auf dem Turbinenrotor wirkt ebenfalls eine Axialkraft. Der Druck vor der entsprechenden Turbinenstufe ist größer als hinter ihr. Die Turbine wird dadurch nach hinten gedrückt. Die einzelnen Turbinenlaufschaufeln werden außerdem so angeströmt, daß sich noch eine zusätzlich nach hinten wirkende Kraft ergibt.

Die Axialkraft des Verdichters ist größer als die der Turbine. Die Restkraft muß folglich von der Lagerung des Rotorsystems aufgenommen werden. Diese Aufgabe übernehmen die in die Rotorsysteme eingesetzten Kugellager (Lager Nr. 2 im N_1 - und Lager Nr. 4 im N_2 -Rotorsystem).

Zu c): Aus dem Aufbau der Turbinentriebwerke (Motorübersicht Blatt 1) ist ersichtlich, daß um die Rotorsysteme das Verbrennungssystem angeordnet ist. Vom Verbrennungssystem muß mit einer Wärmestrahlung auf das Rotorsystem gerechnet werden. Besonders die Welle wird das Bestreben haben, sich auszudehnen. Diese Ausdehnung erfordert, daß Lager angebracht werden, die eine entsprechende Wärmeausdehnung der Welle ermöglichen, (Lager Nr. 1, 4 1/2 und 6 im Niederdruck-Rotorsystem und Kegelradhülse und Lager Nr. 5 im Hochdruck-Rotorsystem).

Lufthansa

Technische Schule

Motor 707-330

Aufbau

Kap.	72-3	Seite 5
Datum	8.65	
Bearbeiter	net	
Korrektur-Nr.	2	

Nachdem dargestellt wurde, welche grundsätzlichen Faktoren bei der Lagerung von Rotorsystemen in einem Turbinentriebwerk zu beachten sind, soll nun die Lagerung bei dem Triebwerk JT3 D-3 dargelegt werden. Aus der Abbildung auf Seite 6 ist im wesentlichen die Anordnung der Lager zu erkennen. Das Niederdruck-Rotorsystem wird in den Lagern Nr. 1; 2; 4 1/2 und 6 gelagert. Die Lagerung des Hochdruck-Rotorsystems erfolgt in den Lagern Nr. 3; 4 und 5. Das Lager 2 1/2 trägt einen Dicht-ring und kann aufgabengemäß keinem der beiden Rotorsysteme zugeordnet werden.

Das Lager Nr. 1 (Rollenlager) trägt den vorderen Wellenstummel des als Trommelläufer ausgebildeten Niederdruckverdichterrotors.

Der hintere Wellenstummel des Niederdruckverdichterrotors wird in Lager Nr. 2 (Doppel-Kugellager) gelagert. Das Lager Nr. 2 1/2 ist ein Hilfslager, dessen Bedeutung bei der Besprechung der Lager und Lagerabdichtung näher erläutert werden soll.

Lager Nr. 3 (Rollenlager) trägt den Wellenstummel der vorderen Hochdruckverdichternabe. Der H.D.-Verdichter ist ebenfalls als Trommelläufer ausgeführt.

In Lager Nr. 4 (Doppel-Kugellager) wird der Wellenstummel der hinteren Hochdruckverdichternabe gelagert. Hinter dem Lager Nr. 4 befindet sich ein Kegelrad, das die Aufgabe hat, über eine Königswelle (Towershaft) den Hauptgeräteträger und damit die einzelnen Hilfsgeräte anzutreiben.

Die beiden koaxial gelagerten Wellen werden durch Lager Nr. 4 1/2 (Rollenlager) gegeneinander abgestützt .

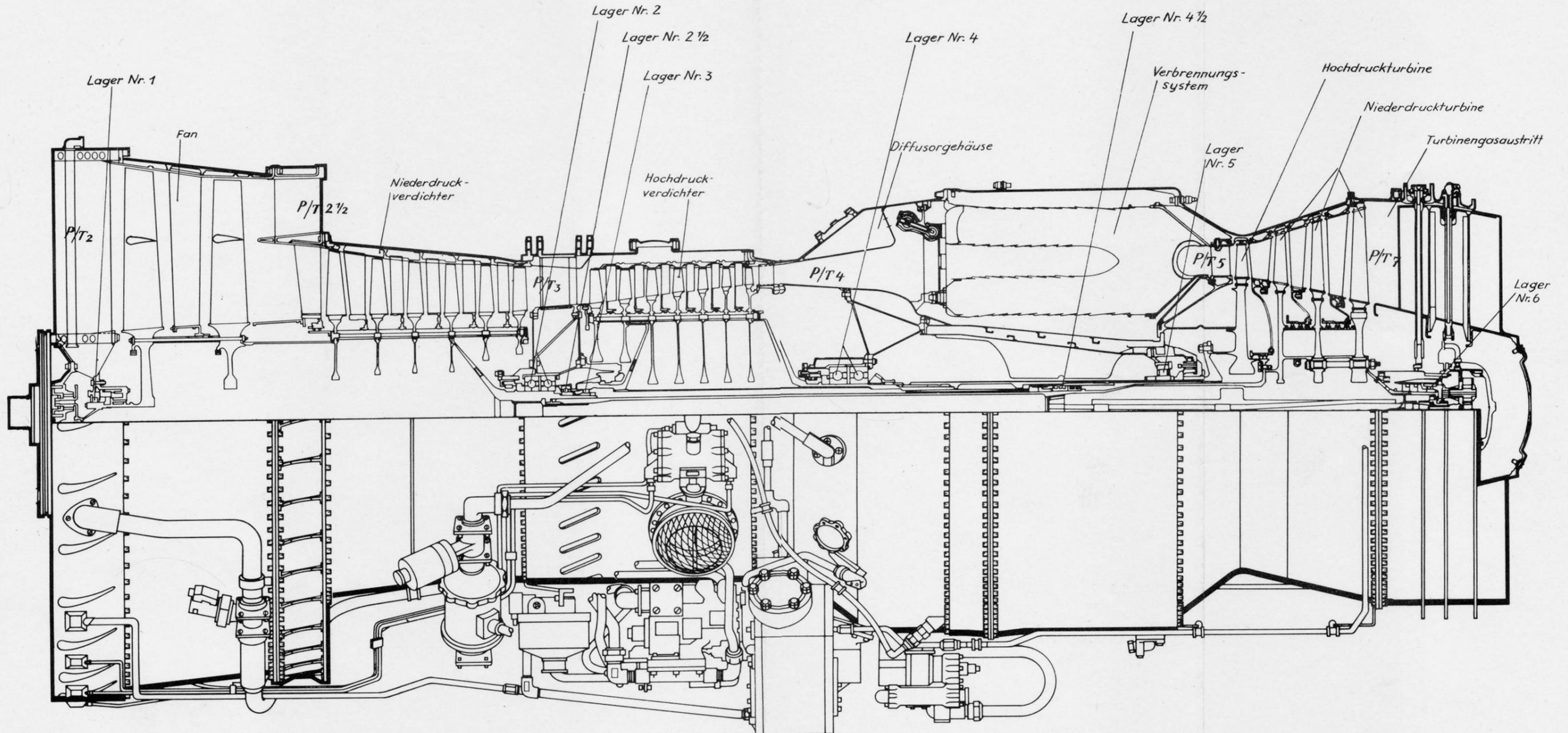
Das Lager Nr 5 (Rollenlager) ist das Hochdruckturbinenlager. Es bildet die letzte Lagerstelle des Hochdruckrotorsystems.

In dem Lager Nr. 6 (Rollenlager) wird die hintere Nabe des Niederdruckturbinenläufers, der ebenfalls als Trommelläufer ausgebildet ist, gelagert.

3.2.4 Aufbau des Niederdruckverdichter-Rotors

Mounting of low pressure compressor rotor

Der ND-Verdichterläufer setzt sich aus 2 "FAN"-Stufen und 6 ND-Verdichterstufen zusammen. Der Läuferteil jeder Stufe besteht aus der Läuferscheibe mit schwalbenschwanzähnlichen Nuten für die Schaufeln, den Schaufeln selbst und den zugehörigen Sicherungsblechen. Zwischen den einzelnen Läuferscheiben sind Distanzringe eingesetzt, die für den nötigen Raum für den Leitschaufelkranz erforderlich sind. Die ganze sich ergebende Trommel aus Scheibe-Distanzring-Scheibe-Distanzring-Scheibe usw. wird mittels Zugankern (Dehnschrauben) zusammengeschaubt, sowohl im FAN-Bereich als auch im ND-Verdichterbereich. Durch diese Anordnung ergibt sich ein leichter,



Aufbau des JT3D-3

Lufthansa

Technische Schule

Motor 707-330

Aufbau

Kap. 72-3 Seite 7

Datum 8.65

Bearbeiter net

Korrektur-Nr. 2

verbiege- und verdrehsteifer Trommelläufer. Letzterer wird durch die Wellenenden seiner vorderen und hinteren Nabe in den Lagern 1 und 2 gelagert. Die vordere Nabe ist gleichzeitig die erste FAN-Scheibe. Das hintere Wellenende ist über eine Wellenkupplung mit der ND-Turbinenwelle verbunden. An der Verdichterscheibe der 7. Stufe ist die hintere Nabe angesetzt.

Die Laufschaufeln der beiden FAN-Stufen sind in ihrem äußeren Drittel durch Stege gegeneinander abgestützt.

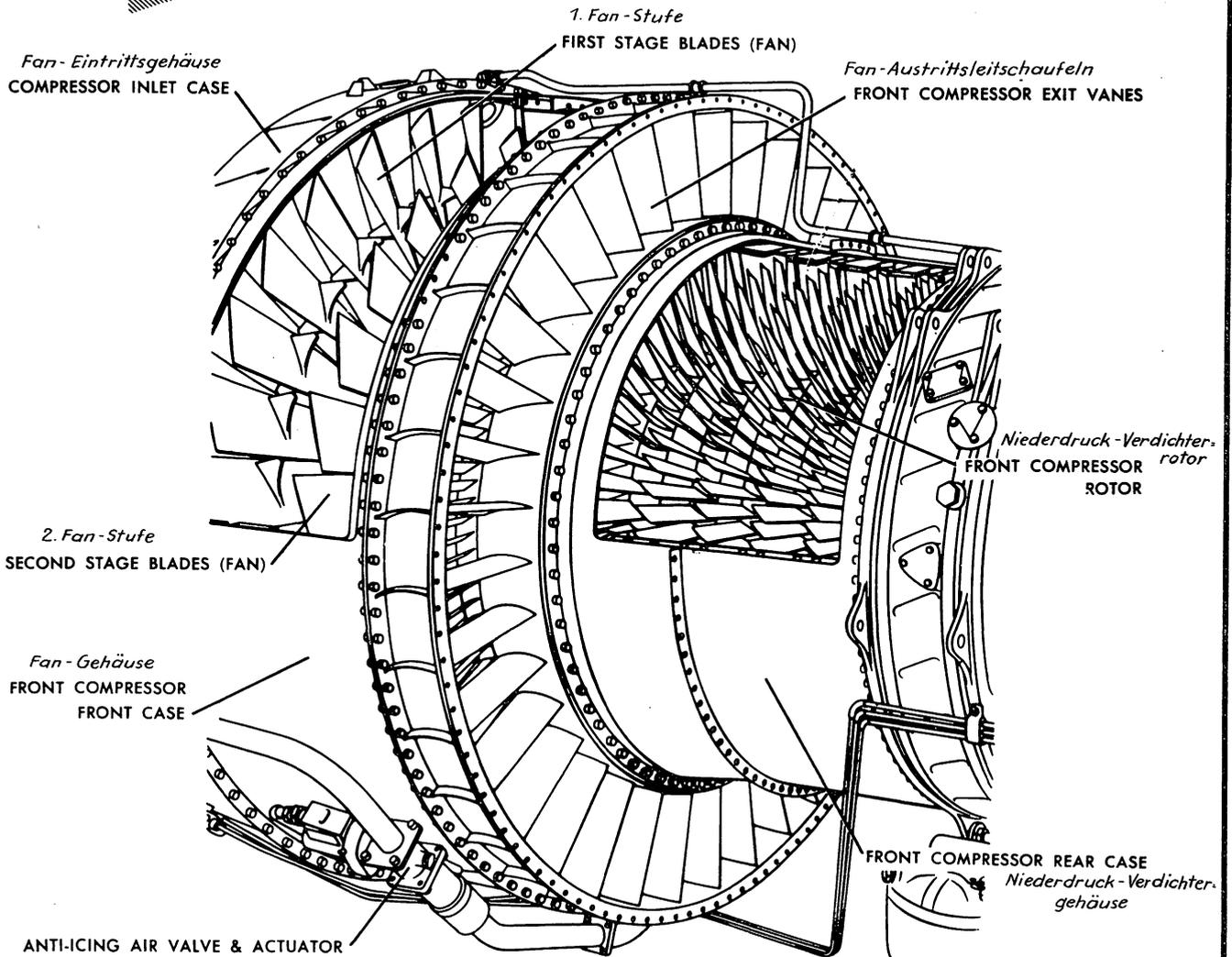
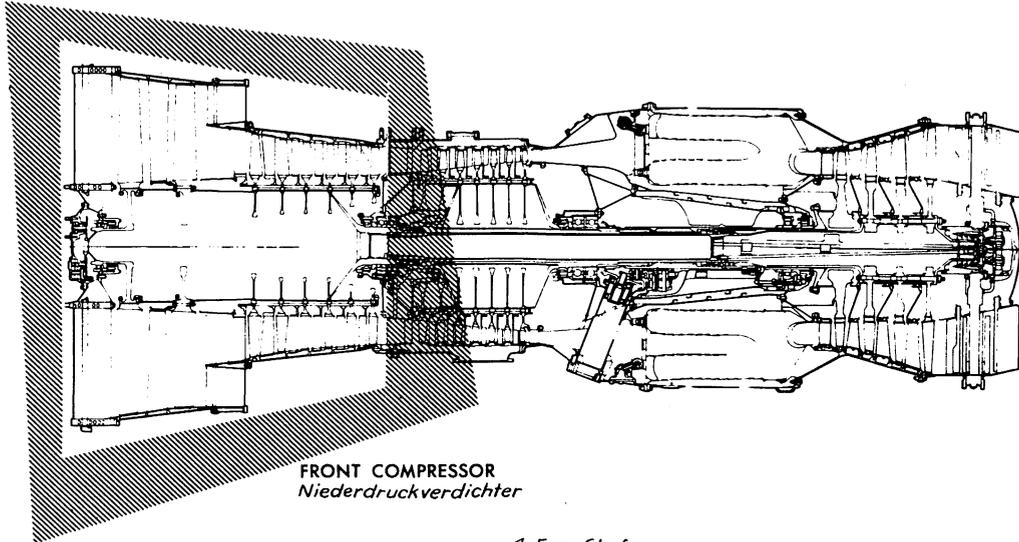
Diese Abstützung hat die Aufgabe, ein zu starkes Schwingen der einzelnen Schaufeln zu verhindern, gleichzeitig entlasten sie den Schaufelfluß und geben zusätzlich eine axiale Sicherung der ersten Schaufelreihen.

Anmerkung:

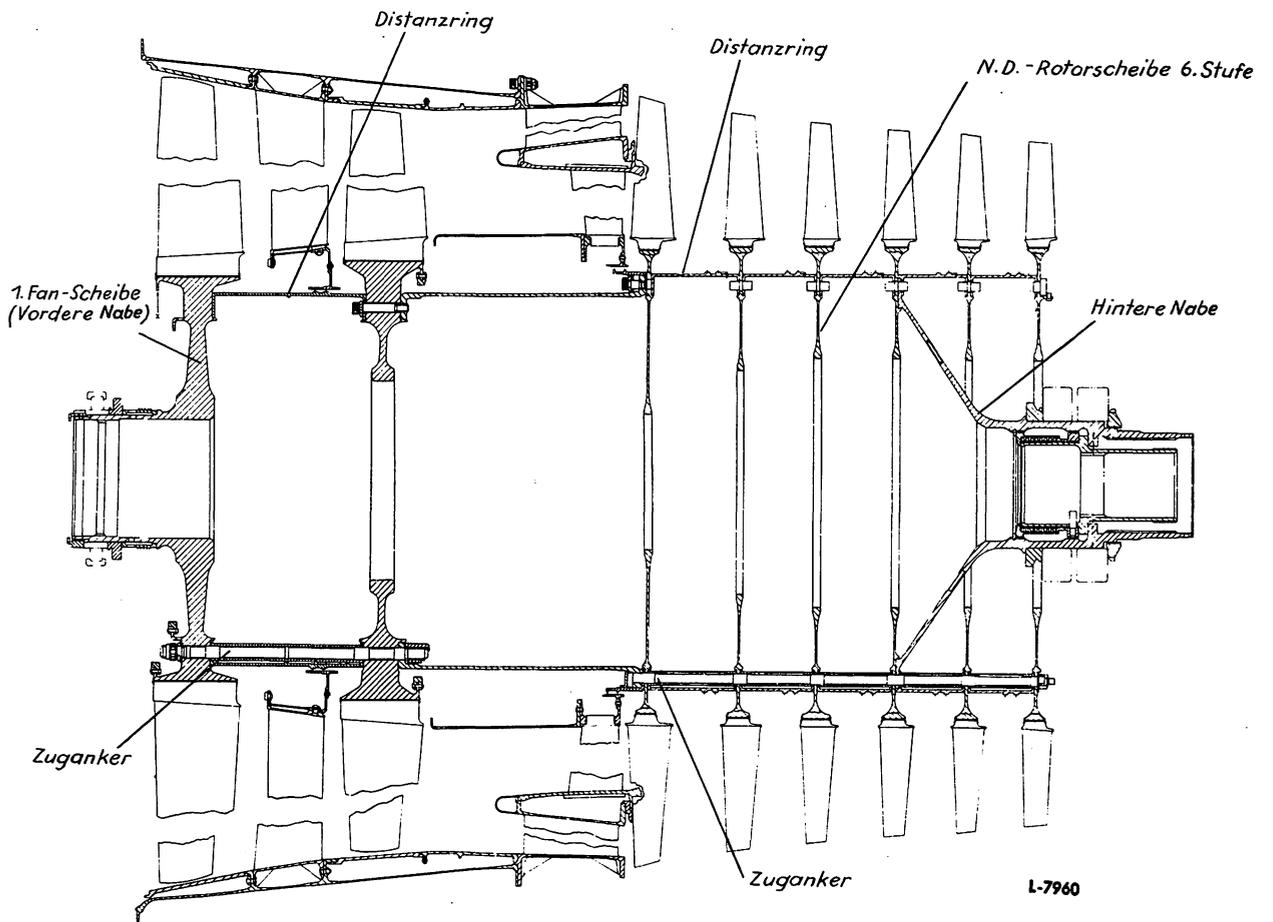
Zur Numerierung der Verdichterstufen ist folgendes zu sagen: In Wirklichkeit sind zunächst insgesamt 8 NDV-Stufen und 7 HDV-Stufen vorhanden.

Nach dem Triebwerk, aus dem der Motor JT3D-3 entwickelt wurde und nach dem Überholungs-Handbuch (Overhaul manual) wird jedoch folgendermaßen numeriert:

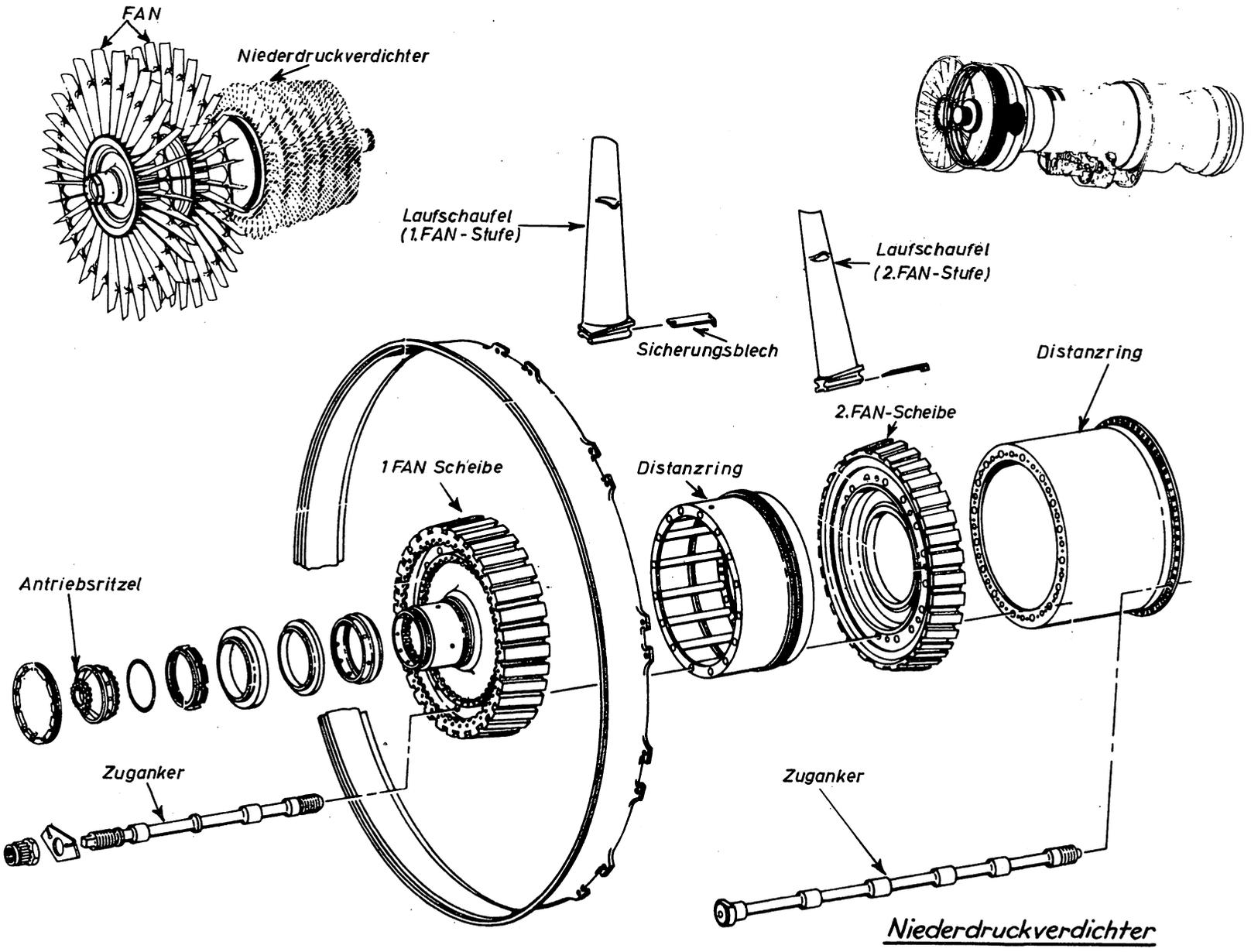
- | | |
|----------|---|
| 1. Stufe | (FAN-Laufschaufelkranz und Leitschaufelkranz) |
| 2. " | (FAN-Laufschaufelkranz, ursprünglicher Leitschaufelkranz fehlt) |
| 3. " | (urspr. Laufschaufelkranz fehlt, Leitschaufelkranz vorhanden) |
| 4. " | (Laufschaufel- und Leitschaufelkranz_ |
| 5. " | " " " |
| 6. " | " " " |
| 7. " | " " " |
| 8. " | " " " |
| 9. " | " " " im Verdichter-Zwischen-Gehäuse |



Fan und N.D.- Verdichter



Front Compressor Case and Vane Assembly and Rotor
Aufbau des Fan- und N.D. Verdichterrrotors



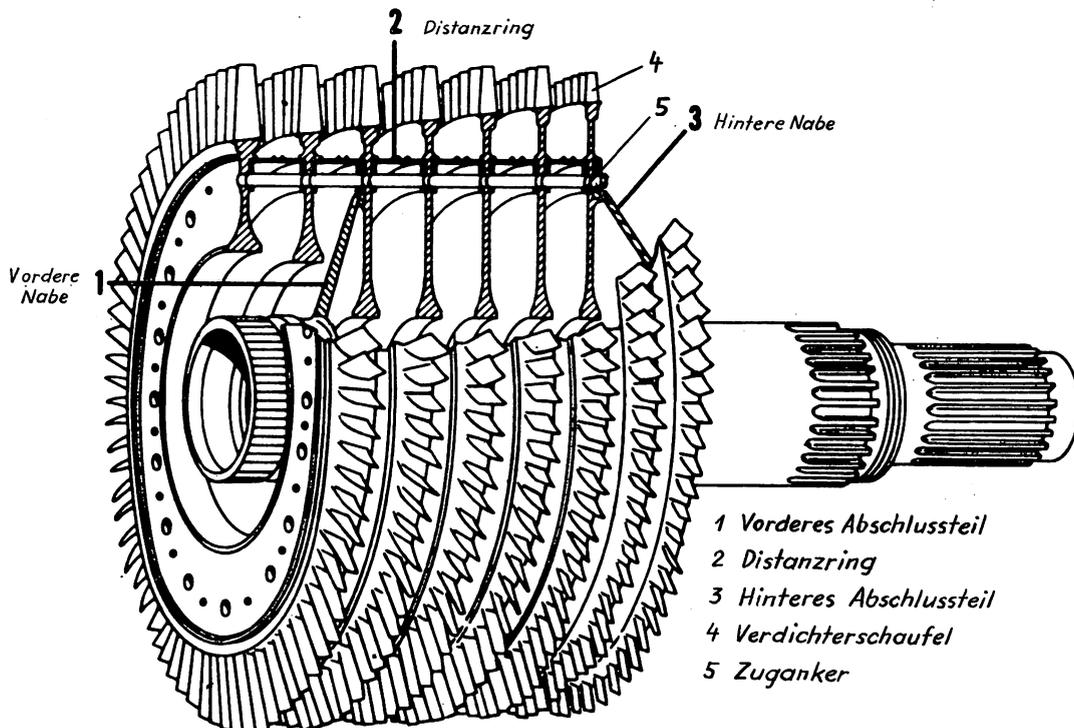
3.2.5 Aufbau des Hochdruck- Verdichter-Rotors

Mounting of high pressure compressor

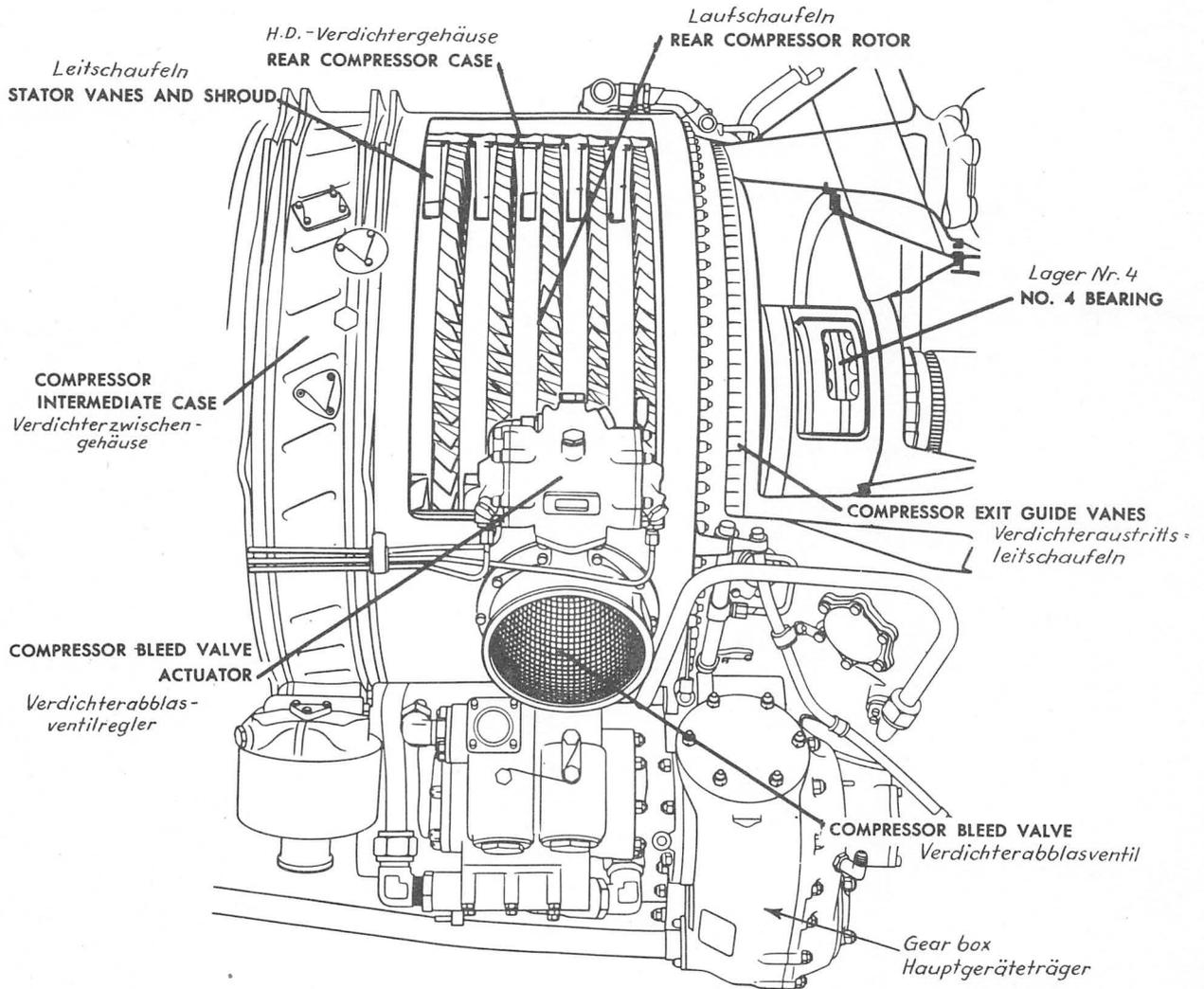
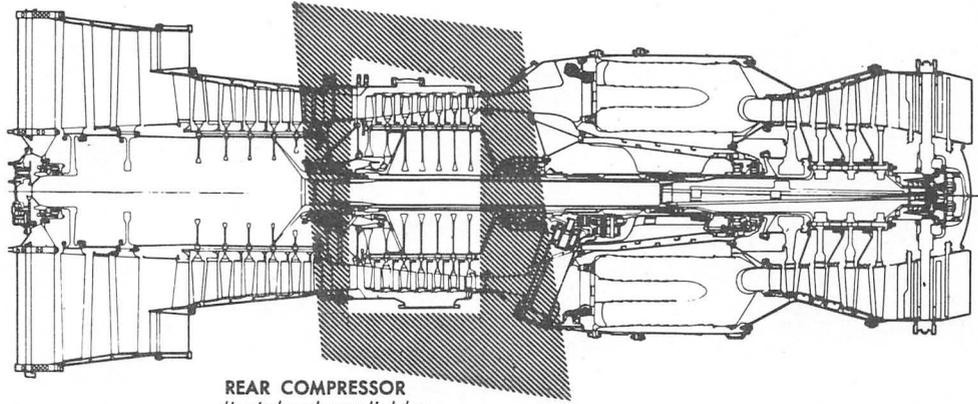
Der siebenstufige Hochdruckverdichterrotor zeigt den gleichen Aufbau wie der Niederdruckverdichterrotor (Seite 9). Er ist ebenfalls als Trommelläufer ausgebildet. Die beiden Wellenstummel der Naben nehmen die Lager auf. Die vordere Nabe trägt Lager Nr. 3 während die hintere in Lager Nr. 4 gelagert ist.

Die vordere Nabe setzt, um die Baulänge gering zu halten, an der dritten Verdichterscheibe an. Die Distanzringe sind gegenüber dem Niederdruckverdichter anders gehalten. Zwischen den beiden Naben ist ein Rohr eingezogen. Das Innere des H.D. Rotors bildet auf diese Weise einen abgeschlossenen Ringraum, der mit Luft angefüllt ist.

Auf den Wellenstummel der hinteren Nabe wird das Antriebskegelrad für den Antrieb des Hauptgeräteträgers (gear box) aufgesetzt.



Hochdruckverdichterrotor



H.D.-Verdichter

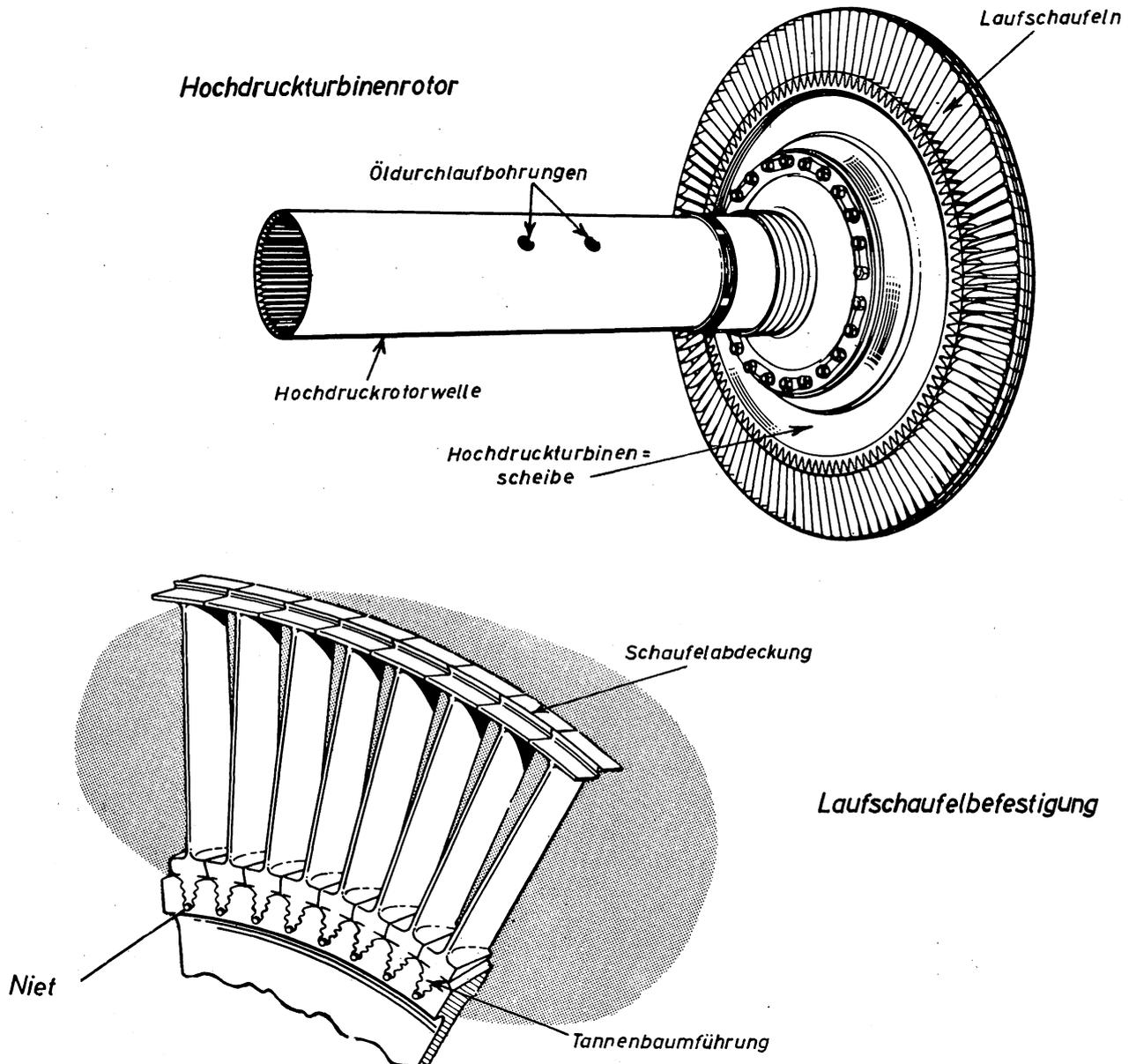
3.2.6 Aufbau des Hochdruck- turbinenrotors

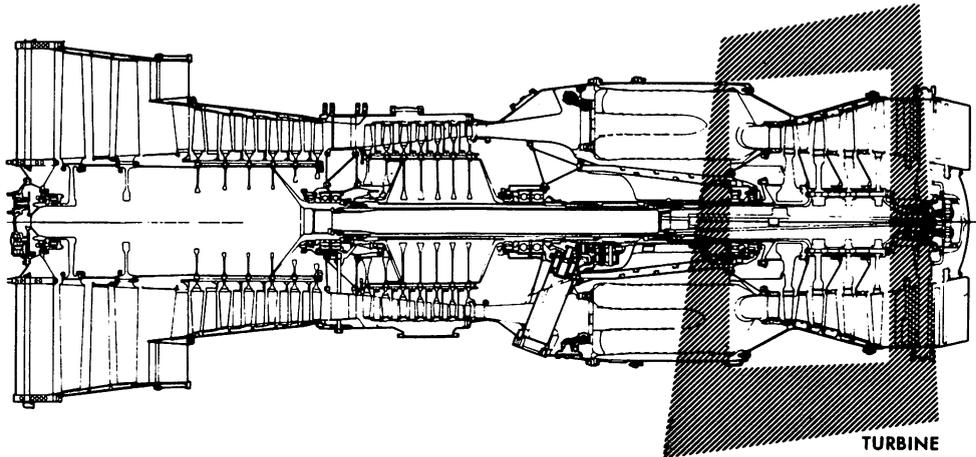
Mounting of high pressure turbine rotor

Die einstufige Hochdruckturbinenstufe hat die Aufgabe, den Hochdruckverdichter und den überwiegenden Teil der Hilfsgeräte anzutreiben. Diese Turbinenstufe ist in dem Lager Nr. 5 fliegend gelagert. Die Verbindung von der Turbinenscheibe zur Antriebswelle erfolgt über eine Flanschverbindung.

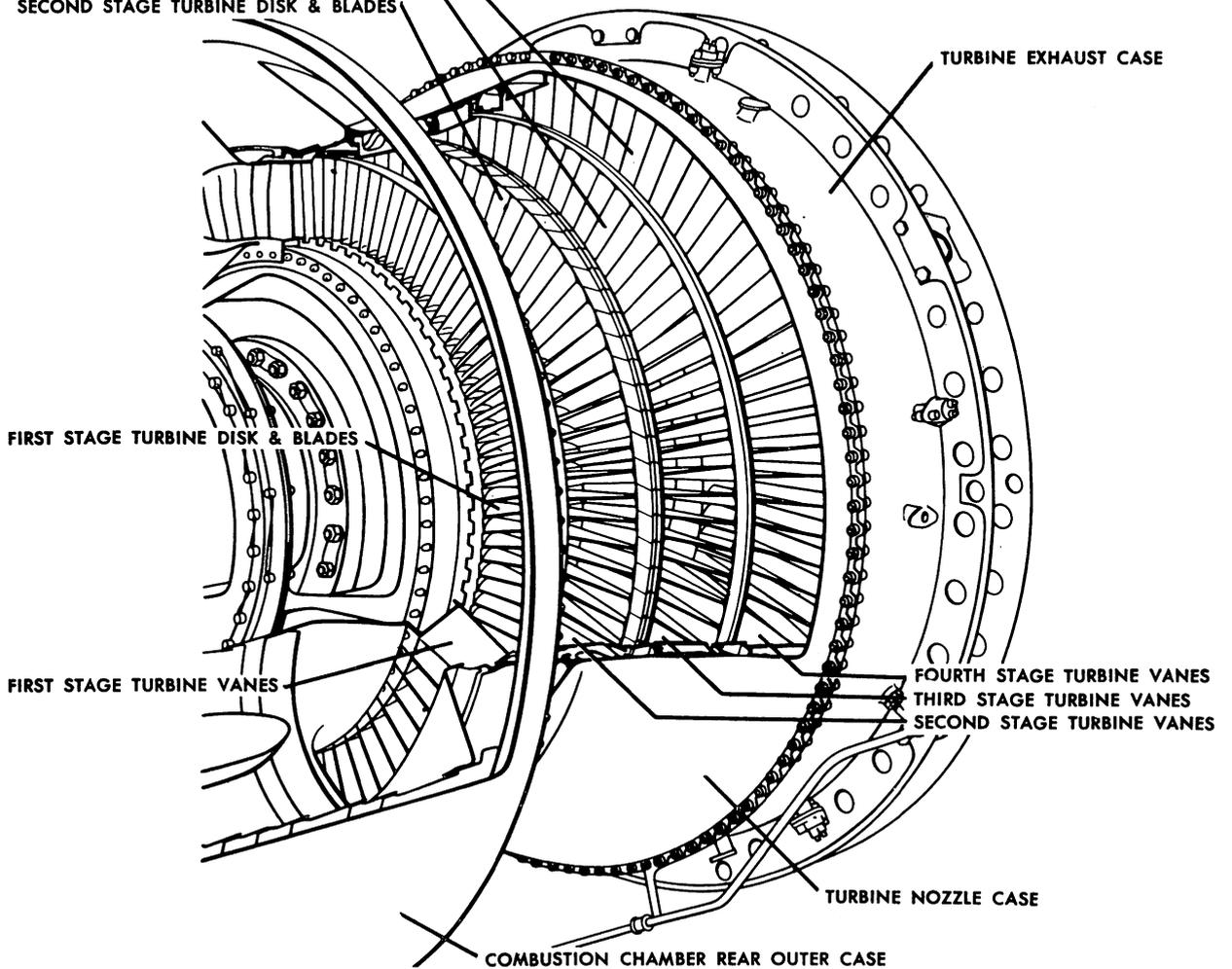
Die einzelnen Laufschaufeln sind durch Tannenbaum-Führungen mit der Turbinenscheibe verbunden. Durch Nieten werden die einzelnen Schaufeln in axialer Richtung gehalten. Eine zusätzliche axiale Halterung für die einzelnen Laufschaufeln wird durch die abgesetzten Abdeckplatten, die sich zu einem Ring zusammensetzen, gegeben.

Die Schaufelabdeckung hat im wesentlichen die Aufgabe, ein Überströmen der Schaufeln zu verhindern.





FOURTH STAGE TURBINE DISK & BLADES
THIRD STAGE TURBINE DISK & BLADES
SECOND STAGE TURBINE DISK & BLADES



Turbinengehäuse

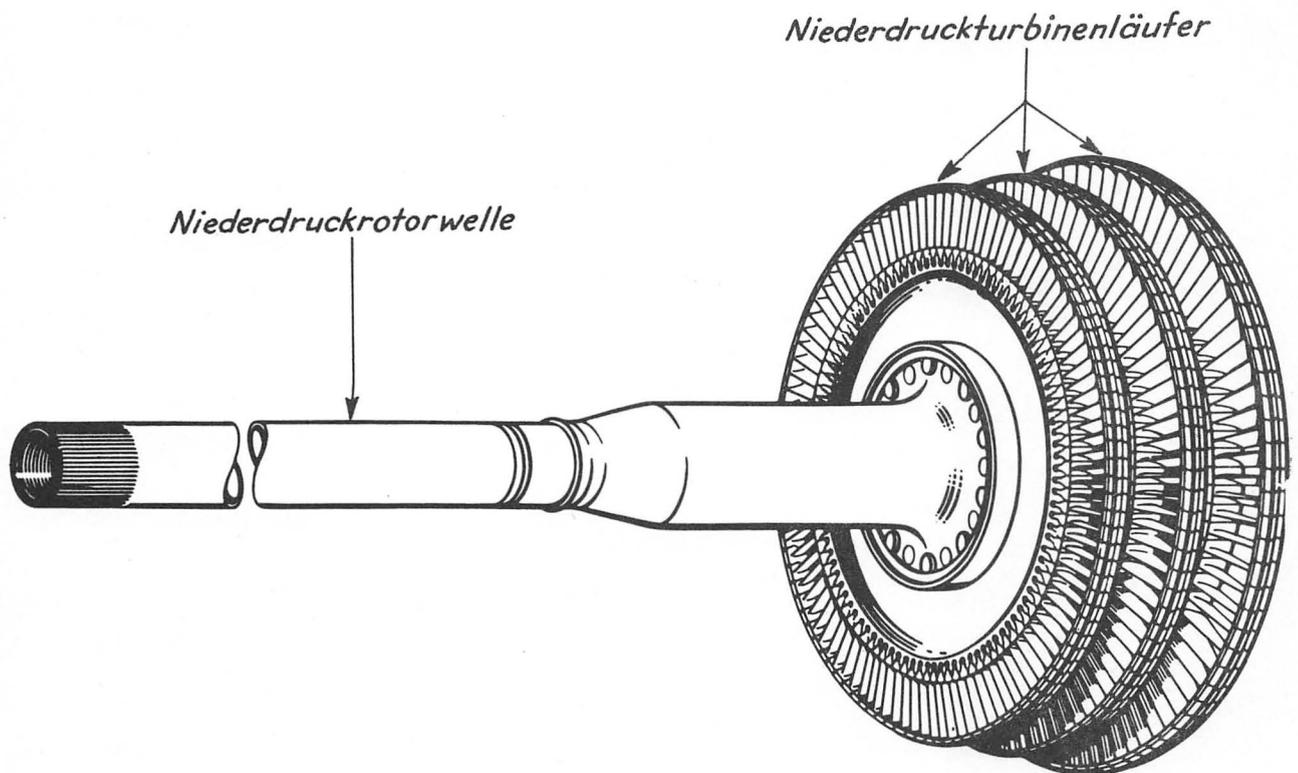
3.2.7 Aufbau des Niederdruck- turbinen-Rotors

Mounting of low pressure turbine rotor

Der dreistufige Niederdruckturbinenläufer, der den Niederdruckverdichter und den Fan antreibt, ist als Trommelläufer ausgebildet. Der Aufbau des Läufers entspricht ungefähr dem, der beiden Verdichter. Die Distanzringe zwischen den einzelnen Turbinenscheiben tragen Labyrinthzähne, die mit den entsprechenden Gegenstücken der Leitschaufeln eine Gasabdichtung ergeben.

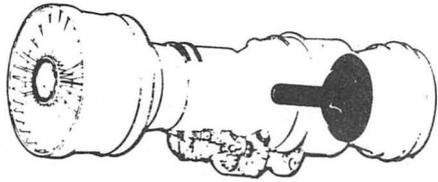
An der dritten Niederdruckturbinenscheibe setzt die hintere Nabe des Niederdruckturbinenläufers an. Der Wellenstummel dieser Nabe ist in dem Lager Nr. 6 gelagert. An der ersten Niederdruckturbinenscheibe ist die Antriebswelle für den Niederdruckverdichter und den Fan angeflanscht.

Die Befestigung der Turbinenlaufschaufeln erfolgt auf die gleiche Art, wie bei der Hochdruckturbine.

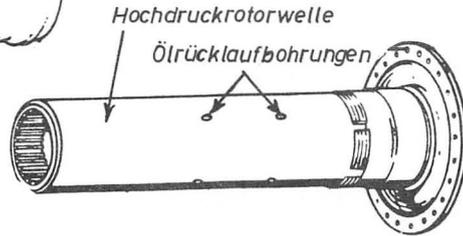


N.D.-Turbine

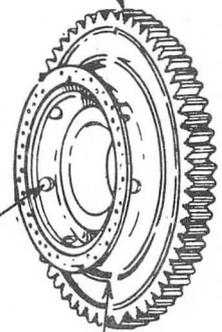
Im Innern der Niederdruck-Rotorwelle sind die Ölversorgungsrohre für Lager Nr. 4 1/2 untergebracht.



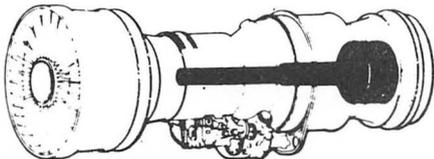
Hochdruckturbin



Laufschaufelaufnahme



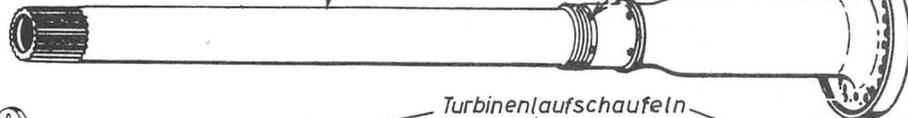
Hochdruckturbinenscheibe



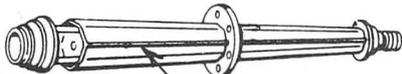
Niederdruckturbin

Niederdruckrotorwelle

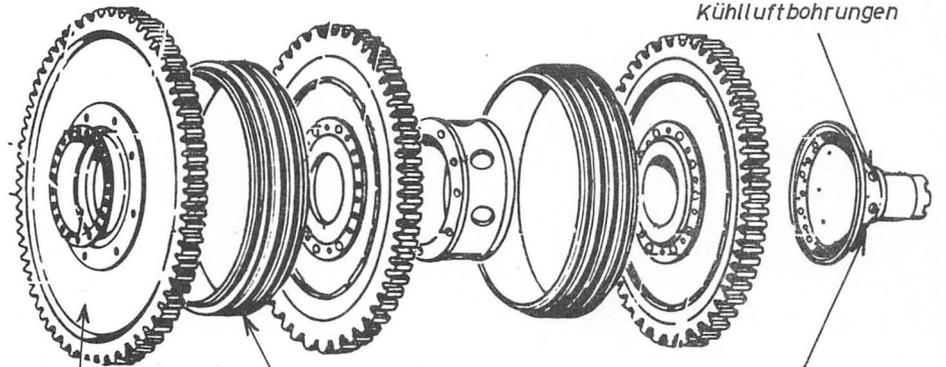
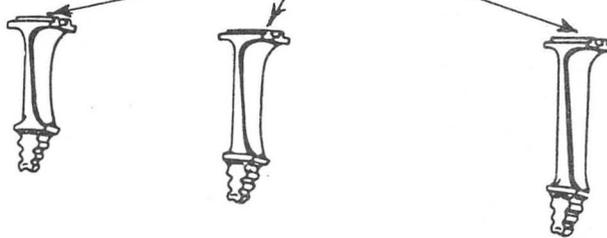
Ölzufuhrbohrungen



Ölrohrbündel



Turbinenlaufschaufeln



Turbinenscheibe

Distanzring

Hintere Nabe

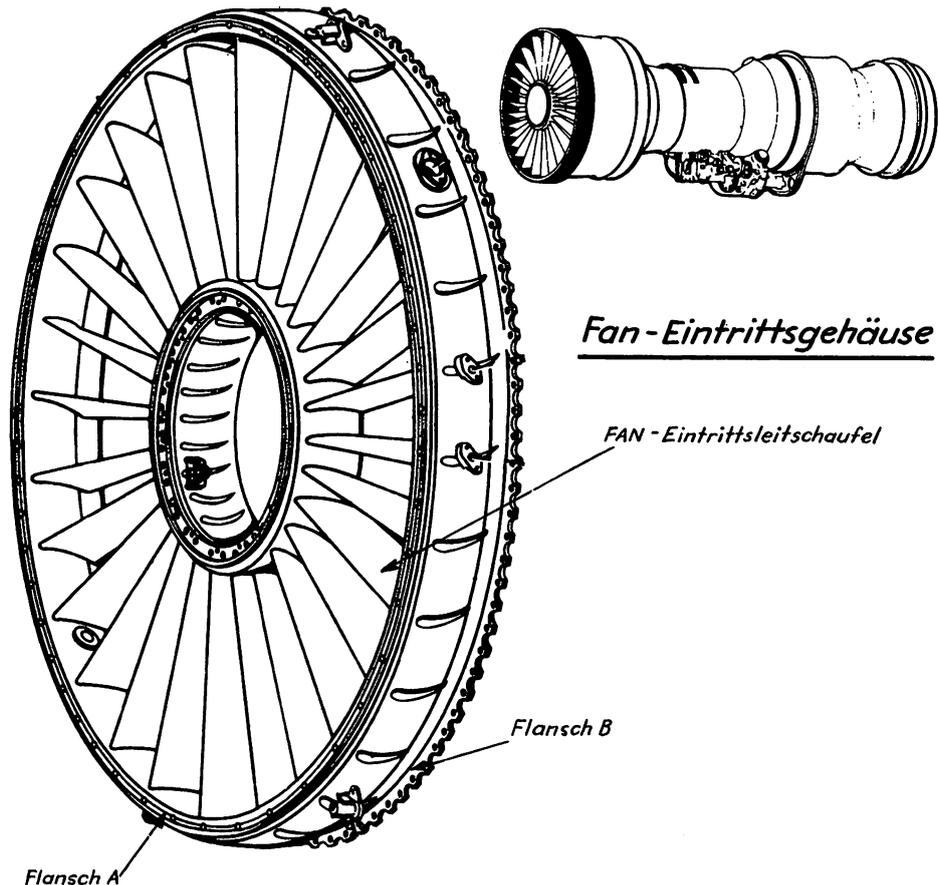
3.3 Aufbau der Motorgehäuse

Mounting of engine cases

3.3.1 Aufbau des Fan-Eintrittsgehäuses

Mounting of fan inlet case

Das Fan-Eintrittsgehäuse ist im wesentlichen aus zwei doppelwandigen Gehäusenringen zusammengesetzt. Es trägt die Fan-Eintrittsleitschaufeln (fan inlet guide vanes), die in den inneren und äußeren Gehäusering eingeschweißt sind. Im Inneren des Gehäuses ist das Lager Nr. 1 untergebracht. Das Lagergehäuse wird auf seiner Vorderseite durch den N₁-Geräteträger abgedeckt. Die hohen Fan-Eintrittsleitschaufeln können zum Zwecke der Enteisung von Warmluft durchströmt werden. Die zum Lager Nr. 1 notwendigen Leitungen sind ebenfalls durch die Eintrittsleitschaufeln geführt. Das Gehäuse wird von den Flansch A und B begrenzt.



3.3.2 Aufbau des Fan-Gehäuses**Mounting of Fan-case**

Das Fan-Gehäuse überdeckt den Bereich der beiden Fan-Stufen. Es ist als doppelwandiges Gehäuse ausgeführt. In das ringförmige Fan-Gehäuse sind die Leitschaufeln der ersten Fan-Stufe eingietet. Die Leitschaufeln tragen in ihrem inneren Bereich Ansätze, die das Gegenstück zu den Labyrinth-Ringen des Distanzringes bilden. Das Fan-Gehäuse wird von den Flanschen B und C begrenzt.

Der Aufbau des Fan-Gehäuses ist auf Seite 19 ersichtlich.

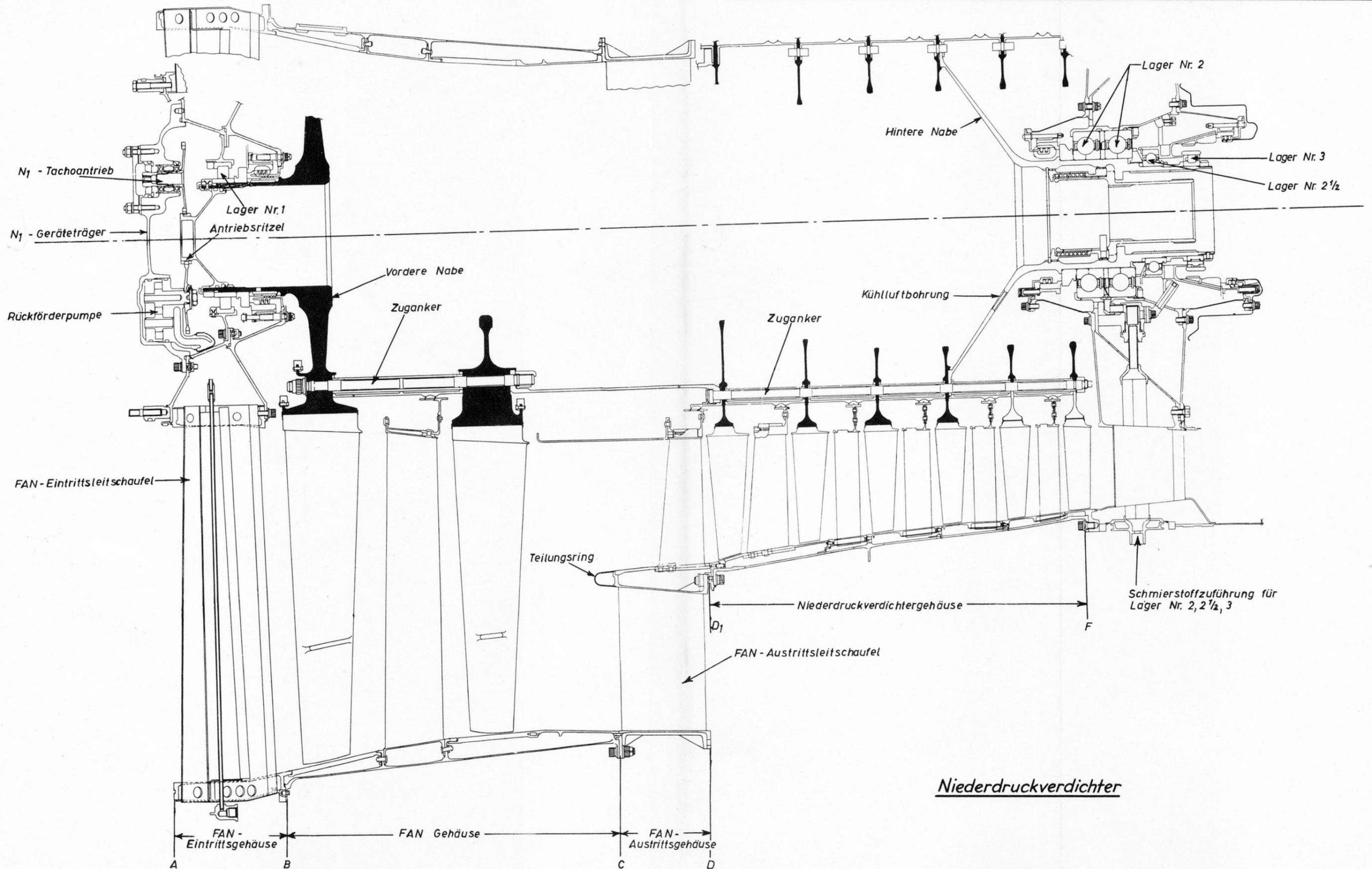
3.3.3 Aufbau des Fan-Austritts-Gehäuses**Mounting of fan exit case**

Dieses Gehäuse ist ein ringförmiges Teil, das am Flansch C mit dem Fan-Gehäuse verbunden ist. In den Gehäusering sind die einzelnen Fan-Austrittsleitschaufeln eingeschweißt. Im Inneren des Gehäuses erfolgt die Aufteilung des Gesamtluftstromes mit Hilfe des eingesetzten Teilungsrings. Im Bereich des Teilungsrings sind die Leitschaufeln der zweiten Fan-Stufe nach innen hin angesetzt. Der Aufbau des Gehäuse ist auf Seite 19 dargestellt.

3.3.4 Aufbau des Niederdruck-Verdichtergehäuse**Mounting of low pressure compressor case**

Die im Niederdruckverdichter notwendigen Leitschaufeln sind zu Halbringen zusammengefaßt. Die Leitschaufeln bilden zusammen mit den Distanzringen zwischen den einzelnen Leitschaufelscheiben Labyrinth-Dichtungen. Die Leitschaufelhalbringe werden gegeneinander durch Führungsstifte in Position gehalten. Die Ringe ergeben eine zusätzliche Abdeckung der einzelnen Laufschaufelreihen. Über die Halbringe wird von außen das eigentliche Niederdruckverdichtergehäuse gestülpt, wodurch sich eine feste Position der Halbringe im Gehäuse ergibt.

Der Aufbau des Gehäuse ist auf Seite 19 dargestellt.



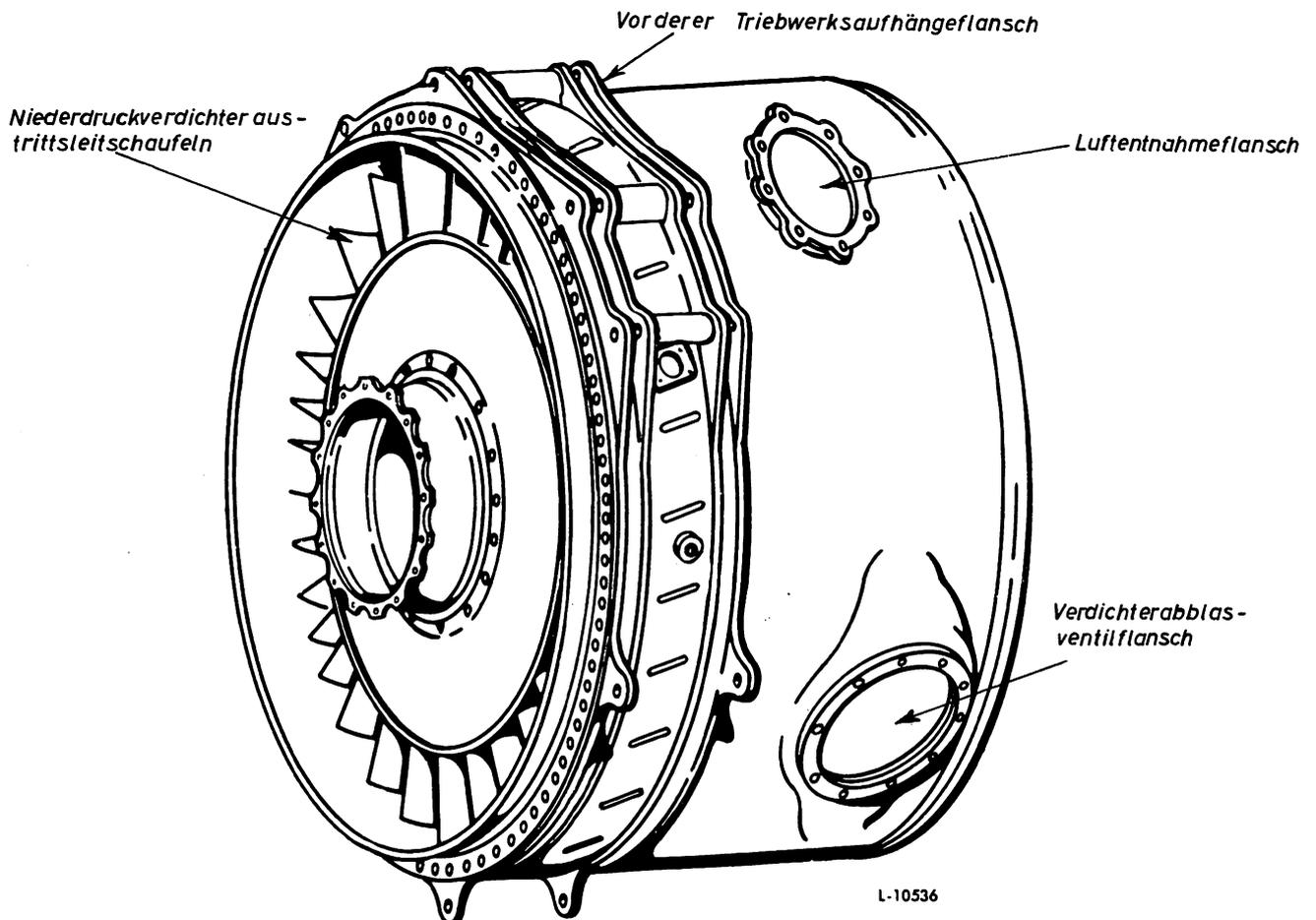
Niederdruckverdichter

3.3.5 Aufbau des Verdichter- zwischengehäuse

Mounting of compressor intermediate case

Das Verdichterzwischengehäuse trägt in seinem vorderen Teil die beiden vorderen Triebwerksaufhängungen. Im Strömungskanal dieses Gehäuse befinden sich die hohlen Austrittsleitschaufeln des Niederdruckverdichters. Diese Austrittsleitschaufeln sind an einem kräftigen Supportgehäuse angeschweißt. Das Supportgehäuse trägt in seinem Inneren die Lager Nr. 2; 2 1/2 und 3. Es hat damit die Aufgabe, die Lagerkräfte nach außen zu übertragen.

Das Verdichterzwischengehäuse bildet zusammen mit dem Hochdruckdichtergehäuse für die P_3 -Luft einen Ringkanal. Dieser wird über die gesamte Länge des Hochdruckverdichters gebildet. Unter gewissen Betriebsbedingungen wird aus diesem Raum P_3 -Luft über das "Surge bleed valve" an die Atmosphäre abgeblasen.



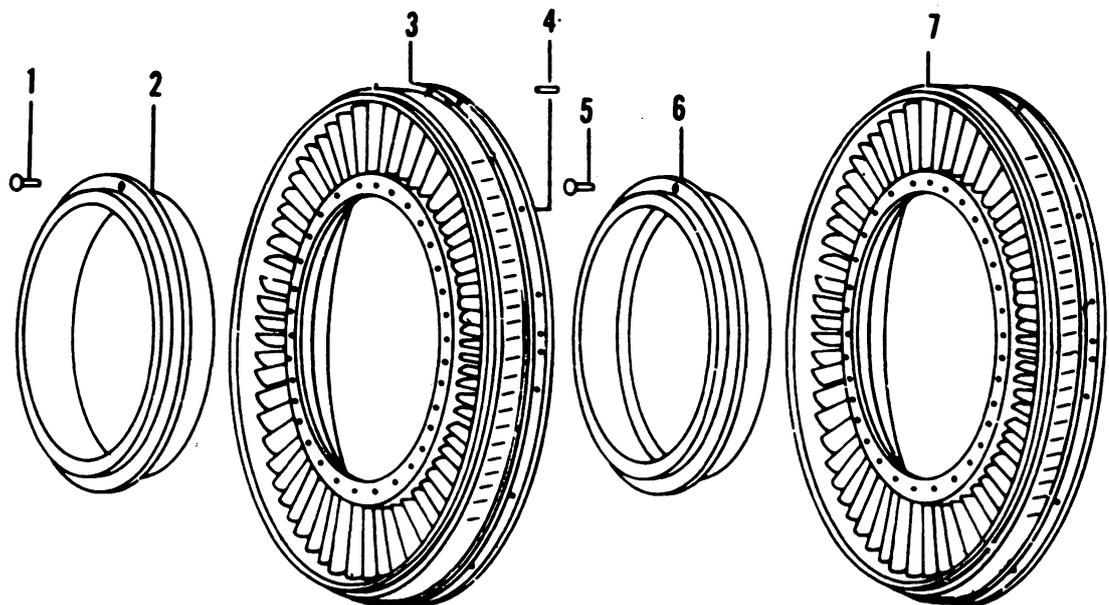
Verdichterzwischengehäuse

3.3.6 Aufbau des Hochdruck- verdichtergehäuses

Mounting of high pressure compressor case

Dieses Gehäuse ist von außen nicht sichtbar, da es durch das Verdichterzwischengehäuse völlig verdeckt wird. Dieses Gehäuse wird, wie das Niederdruckverdichtergehäuse, über die einzelnen Leitschaufelringe gestülpt.

Die Leitschaufeln des Hochdruckverdichters sind zu vollen Ringen zusammengefaßt. In diese Ringe sind die einzelnen Leitschaufeln eingesteckt. Der Verdichterkanalform entsprechend haben die einzelnen Leitschaufelringe verschiedene Durchmesser. Die Austrittsleitschaufeln des Hochdruckverdichters liegen im nachfolgenden Diffusorgehäuse.



1. RIVET
2. AIR SEAL RING
3. 10th STAGE VANE & SHROUD ASSEMBLY

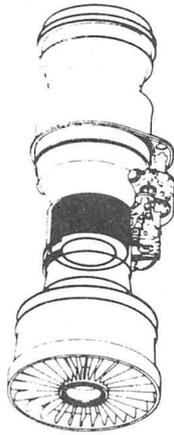
4. PIN
5. RIVET
6. AIR SEAL RING

L-7275

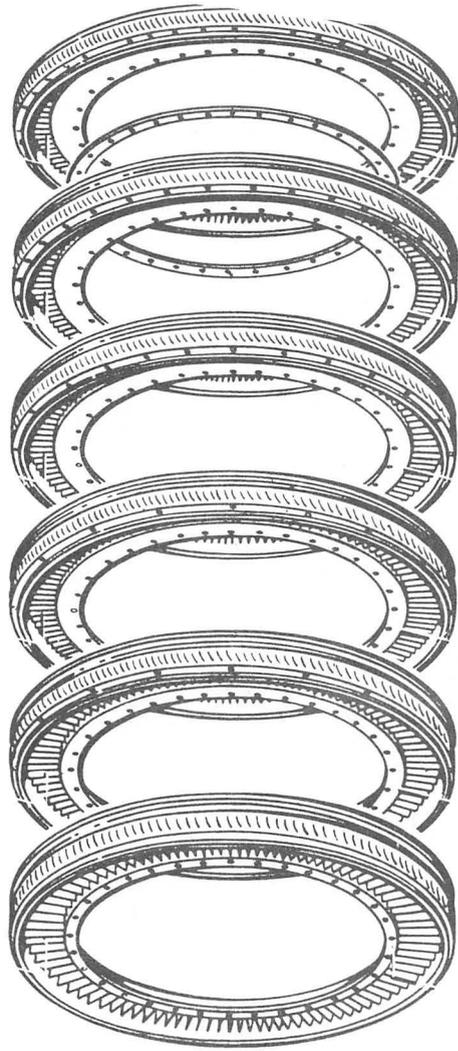
H.D. Verdichter-
Leitschaufeln

7. 11th STAGE VANE & SHROUD ASSEMBLY

Rear Compressor Vanes and Shrouds

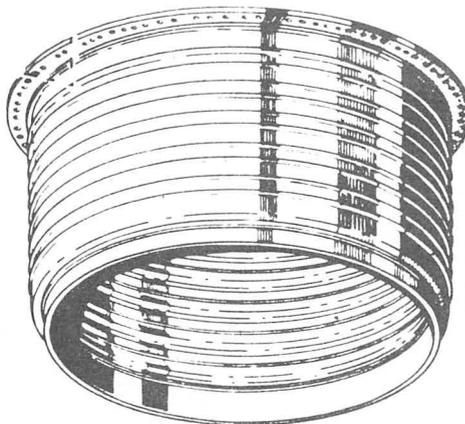


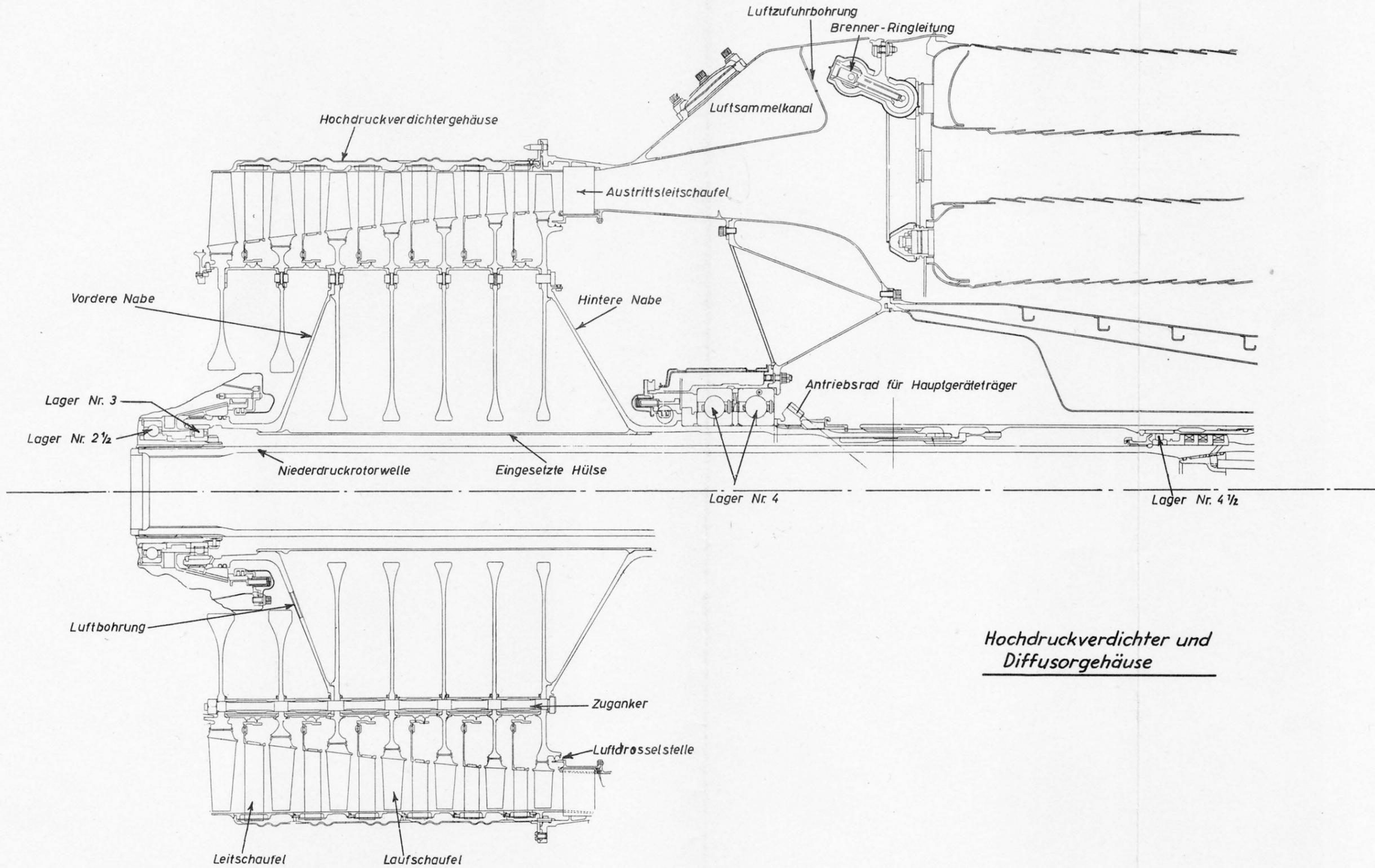
Hochdruckverdichtergehäuse



Leitschaukelringe

Hochdruckverdichter





Hochdruckverdichter und Diffusorgehäuse

3.3.7 Aufbau des DiffusorgehäusesMounting of diffusor case

Aus den Abbildungen der Blätter 23 und 25 geht der Aufbau des Diffusorgehäuses hervor. Dieses Gehäuse stellt für die durchströmende Luft einen Diffusor dar, der diesem Gehäuse seinen Namen gegeben hat. Der Strömungskanal ist von einigen hohlen Leitschaukeln durchbrochen. Diese teilen den Luftstrom zu den einzelnen Flammrohren auf.

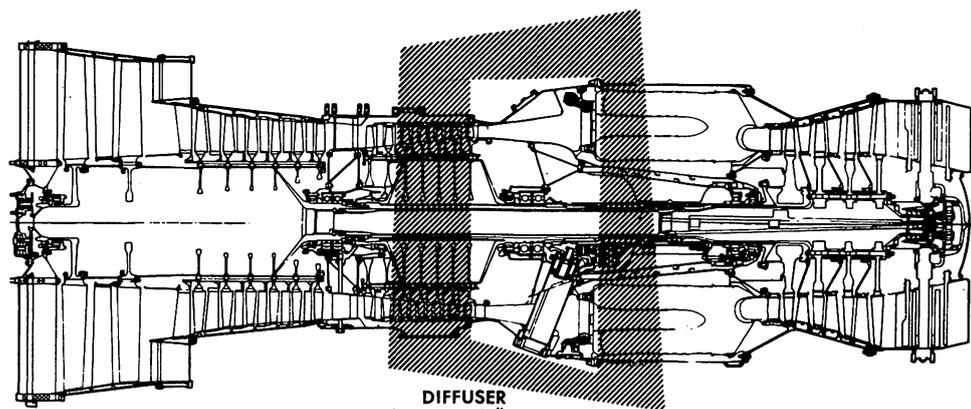
An diesem Gehäuse sind verschiedene Luftabnahmen angeschlossen. Diese Luft wird aus einem Raum mit statischem HDV-Austrittsluftdruck entnommen. Im hinteren Teil des Diffusorgehäuses erfolgt die Befestigung der Brennerhalb- ringleitungen. Von dem Diffusorgehäuse werden über Stütz- gehäuse die Kräfte der Lager Nr. 4 und Nr. 5 aufgenommen. Der Antrieb für die Steckwelle (Tower shaft) zum Haupt- geräteträger erfolgt von der Hochdruckwelle hinter Lager Nr. 4 über einen Kegelradtrieb. Die Welle läuft durch die hohle 6⁰⁰-Strebe im Diffusorgehäuse zum Hauptgeräteträger, in dem sich ebenfalls ein Kegelradtrieb befindet.

3.3.8 Aufbau des Brennkammer- gehäusesMounting of combustion chamber case

Das Verbrennungssystem setzt sich aus den Brennkammer- gehäusen und den acht Flammrohren zusammen. Das äußere und das innere Brennkammergehäuse bilden einen ringförmigen Raum. In diesem Ringkanal befinden sich die acht Flamm- rohre. Die Flammrohre werden in Flugrichtung im Uhrzeiger- sinn, von 12⁰⁰ h ausgehend, gezählt. Die Flammrohre unter- teilt man in vier weibliche und vier männliche Flamm- rohre. Sie unterscheiden sich durch ihre Verbindungsrohre (Interconnectors). Die ungeraden Zahlen 1-3-5-7, die sich bei der Flammrohrzählung ergeben, bezeichnen die weiblichen Flammrohre, die geraden Zahlen 2-4-6-8 die männlichen Flammrohre.

Die Befestigung der Flammrohre muß so gewählt werden, daß sich eine Ausdehnungsmöglichkeit für sie ergibt, da mit sehr hohen Temperaturen im Verbrennungssystem zu rechnen ist.

Mit ihrem vorderen Teil werden die Flammrohre mit den entsprechenden Führungen über die insgesamt 6 Brenner ge- stülpt. Am hinteren Teil werden sie mit einer Schelle am Überleitkanal (Transition duct) befestigt.



DIFFUSER
Diffusorgehäuse

Austrittsleitschaufeln des
H. D. - Verdichters
COMPRESSOR EXIT GUIDE VANES

Brennkammer
COMBUSTION CHAMBER

NO. 4 BEARING
Lager Nr. 4

ACCESSORY DRIVE GEAR
Antrieb für
Hauptgeräteträger

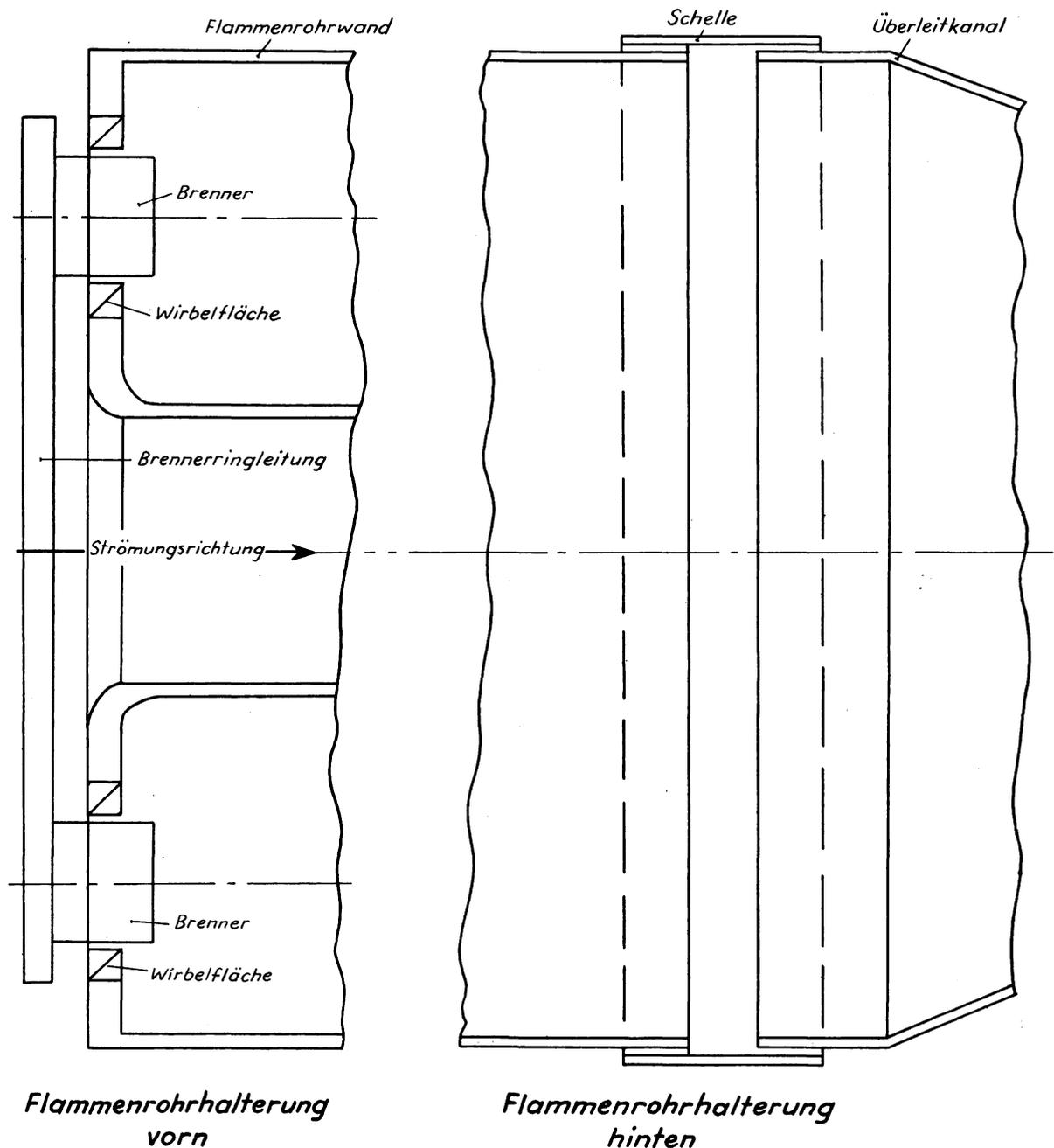
DIFFUSER CASE
Diffusorgehäuse

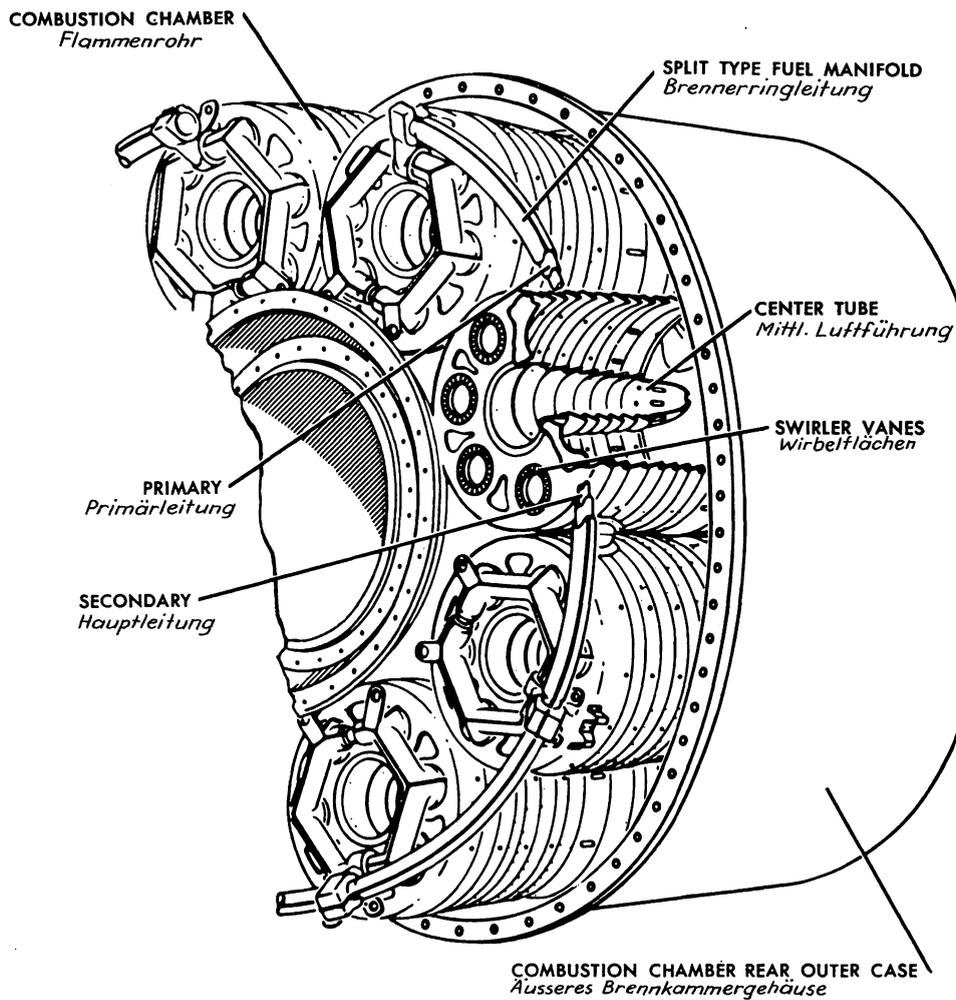
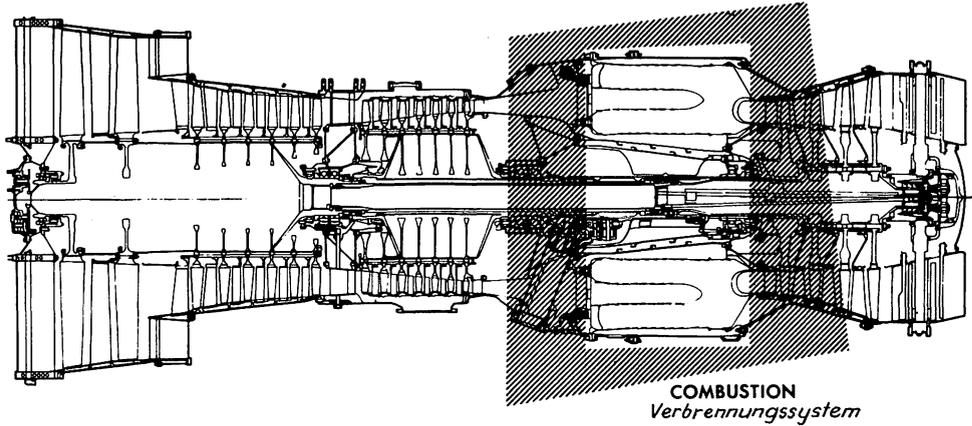
FUEL NOZZLE
Brenner

Die Schelle der hinteren Halterung wird mit drei Spannschrauben auf entsprechende Spannung gebracht. Mit Hilfe einer kleinen Nase wird sie in einer ganz bestimmten Position gehalten.

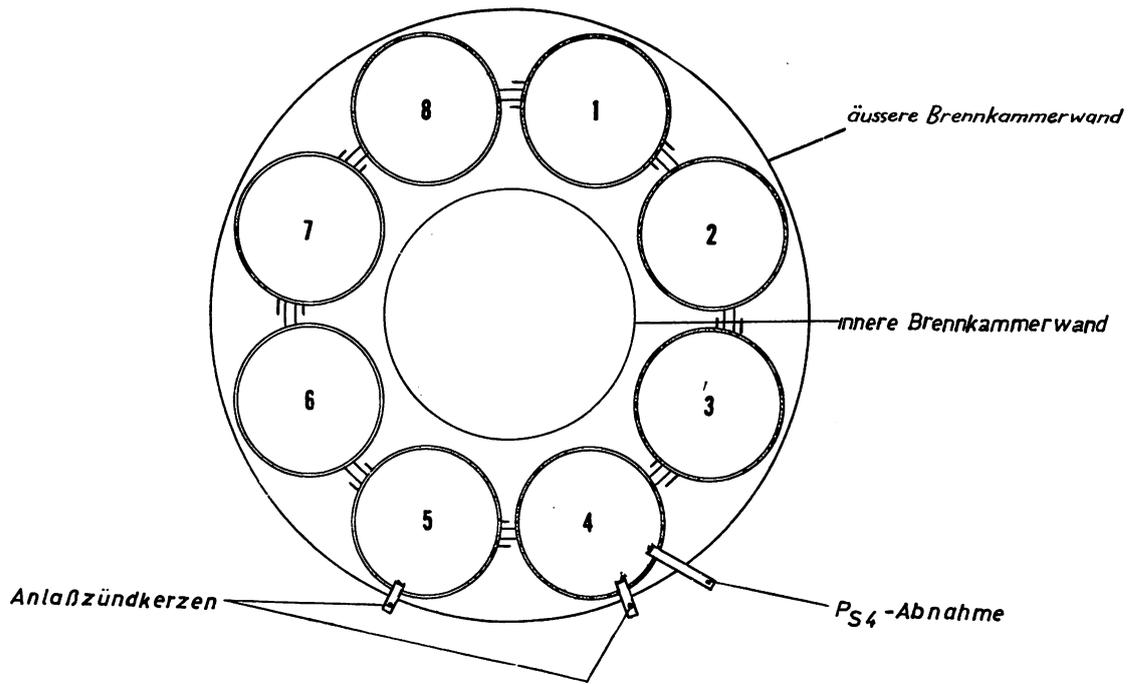
Die männlichen Flammrohre können bis auf Flammrohr Nr. 4 untereinander ausgetauscht werden. Die weiblichen Flammrohre bis auf Flammrohr Nr. 5 ebenfalls. Allerdings ist es ratsam, eingearbeitete Flammrohre an ihrer alten Position zu lassen.

Abb. Befestigung der Flammenrohre

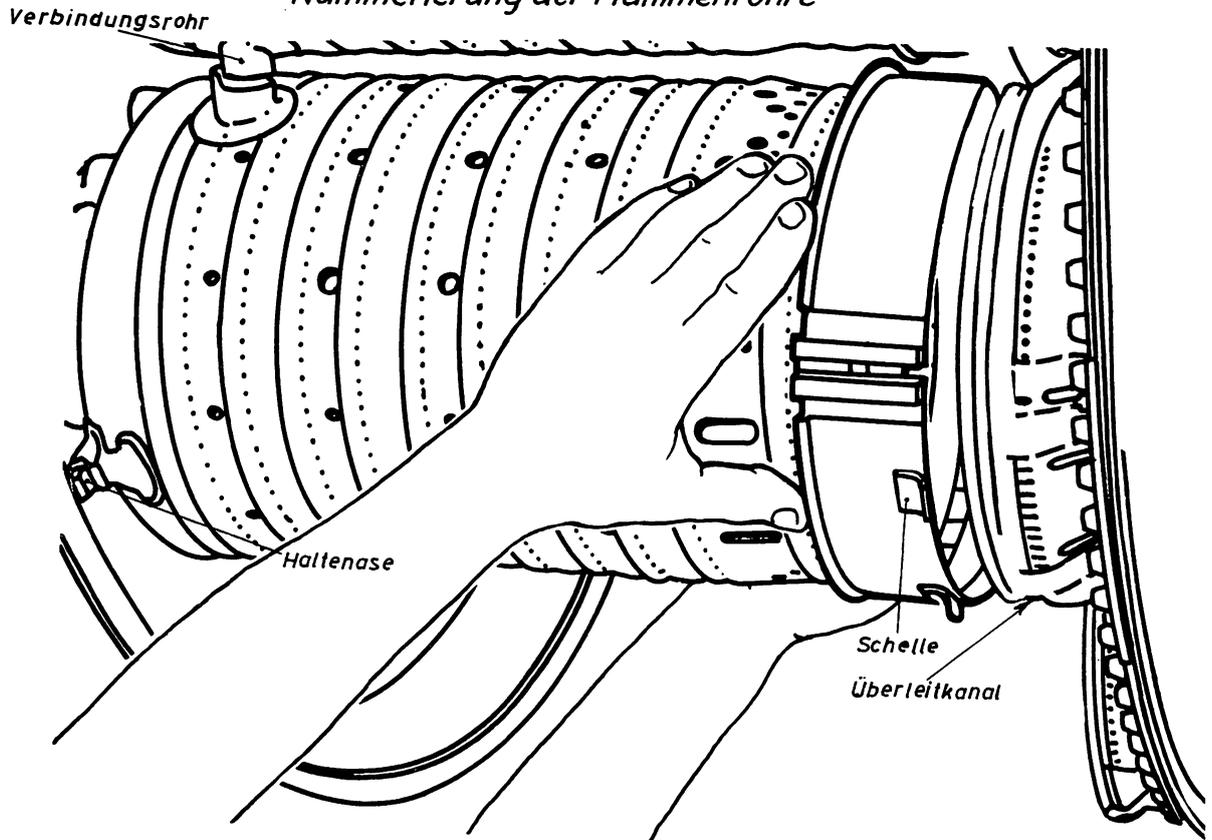




Brennkammergehäuse



Nummerierung der Flammenrohre

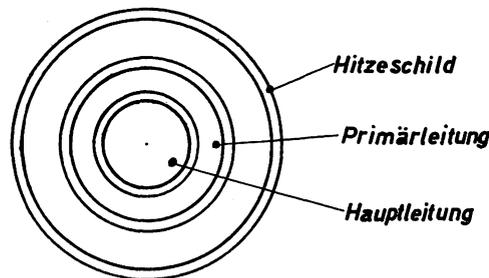


Ausbau eines Flammenrohres

3.3.8.1 Brennerringleitung

Burner manifold

Die im Diffusorgehäuse befestigte Brennerringleitung liegt im heißen Teil des Triebwerkes. Sie muß also vor Wärmeeinwirkungen geschützt werden. Zu diesem Zweck sind drei Leitungen ineinandergelegt. Das außen liegende Hitzeschild hält einen großen Teil der Wärmestrahlung von den Kraftstoffleitungen ab. Um die eigentliche Hauptleitung herum wurde die Primärleitung gelegt. Diese Leitung wird während des Triebwerkbetriebes immer von Kraftstoff durchflossen. Der zum Triebwerk fließende Kraftstoff führt die Strahlungswärme, die vom Hitzeschild nicht abgehalten werden konnte, ab. Die Hauptleitung, (Sekundärleitung) ist auf diese Weise gut gegen Wärmeeinwirkung geschützt.



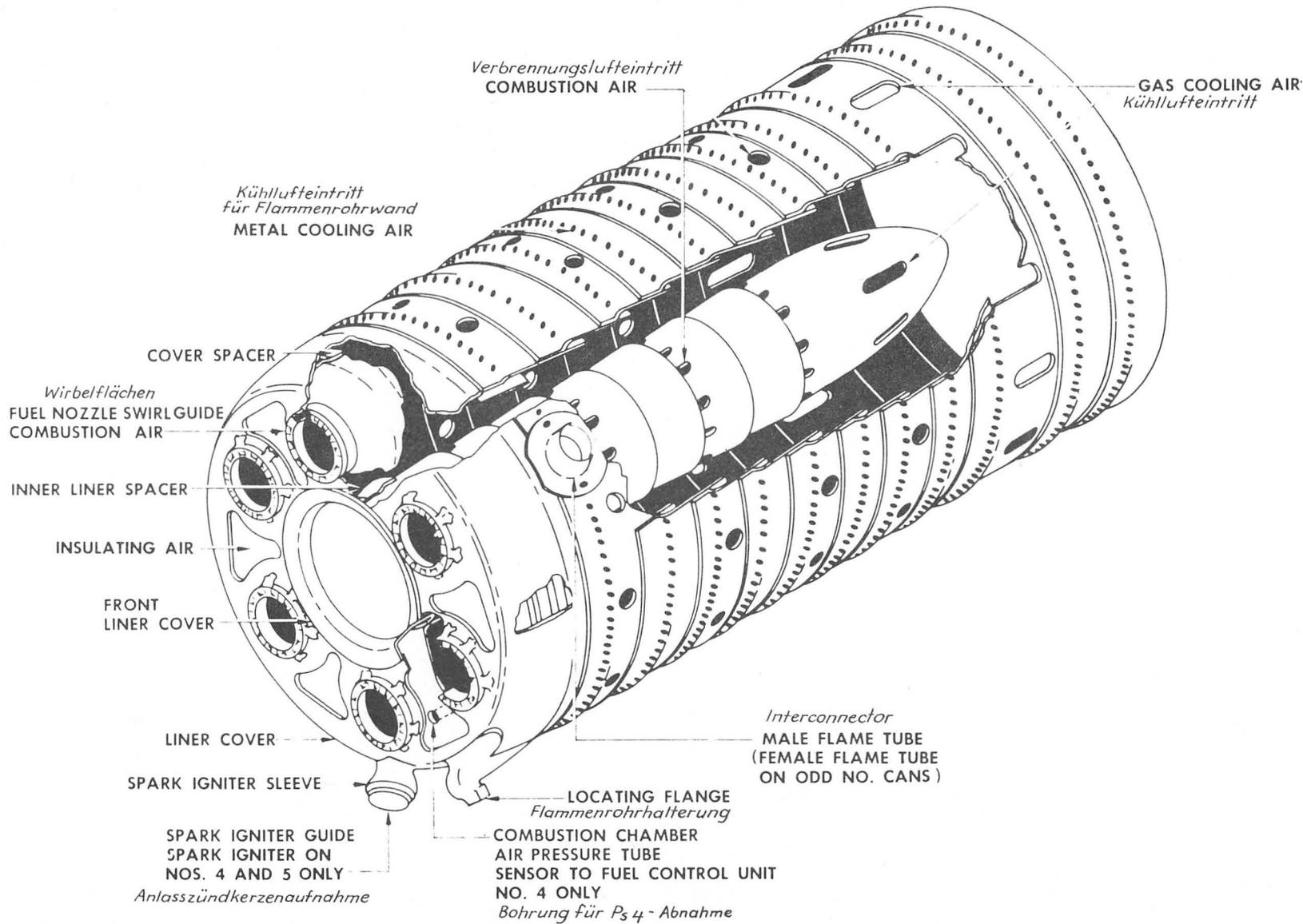
3.3.8.2 Aufbau der Flammenrohre

Mounting of flame tubes

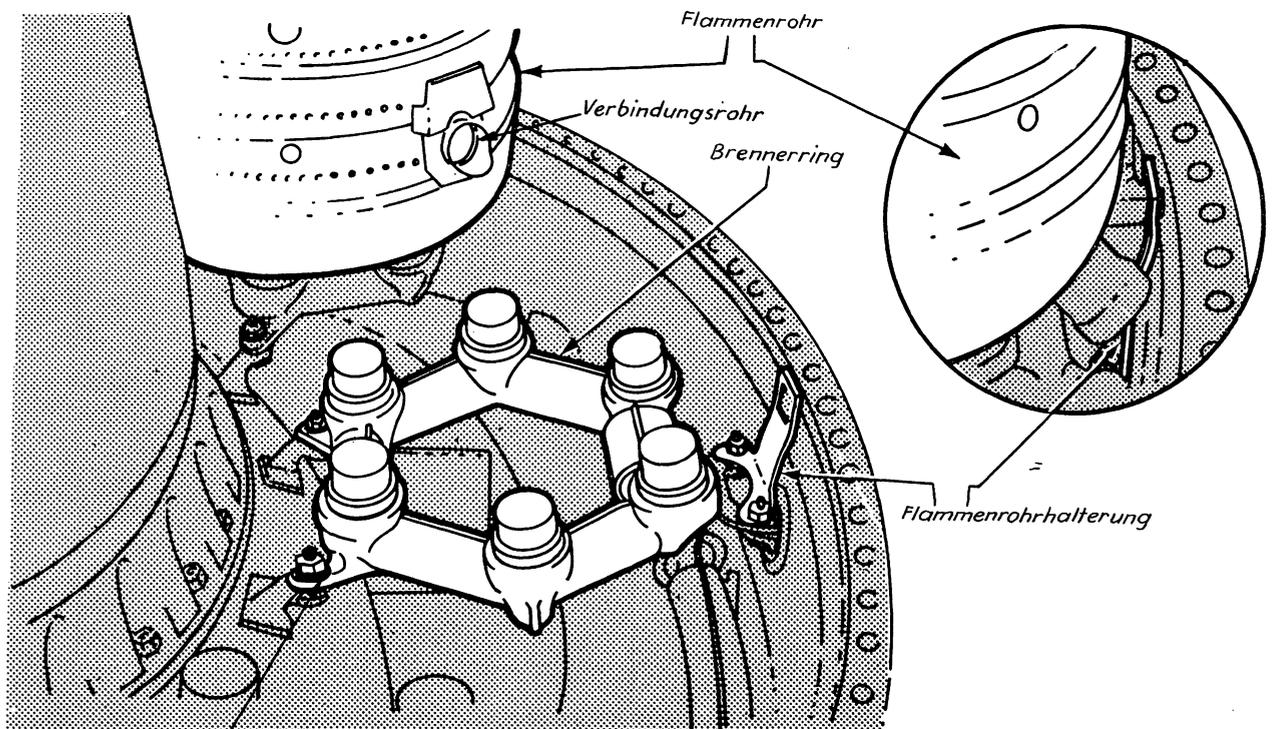
Die acht Flammenrohre haben einen verhältnismäßig großen Durchmesser. Man ist aus Gründen der Temperaturverteilung bei diesem großen Flammenrohrdurchmesser gezwungen, eine zusätzliche Kühlluftführung im Flammenrohr zu ermöglichen.

Diese mittlere Kühlluftführung erfolgt durch die "center tube". Durch die Anordnung dieser Luftführung wird jedes Flammenrohr zu einer Ringbrennkammer. Der eingespritzte Kraftstoff muß gleichmäßig in dem Ringraum, der zur Verbrennung zur Verfügung steht, verteilt werden. Aus diesem Grunde sind in jedes Flammenrohr sechs Brenner eingesetzt.

Beim Ausbau der Flammenrohre ist darauf zu achten, daß zunächst die männlichen Flammenrohre (2; 4; 6; 8;) ausgebaut werden, dann erst können die weiblichen (1; 3; 5; 7;) ausgebaut werden. Beim Einbau ist in umgekehrter Reihenfolge zu verfahren.



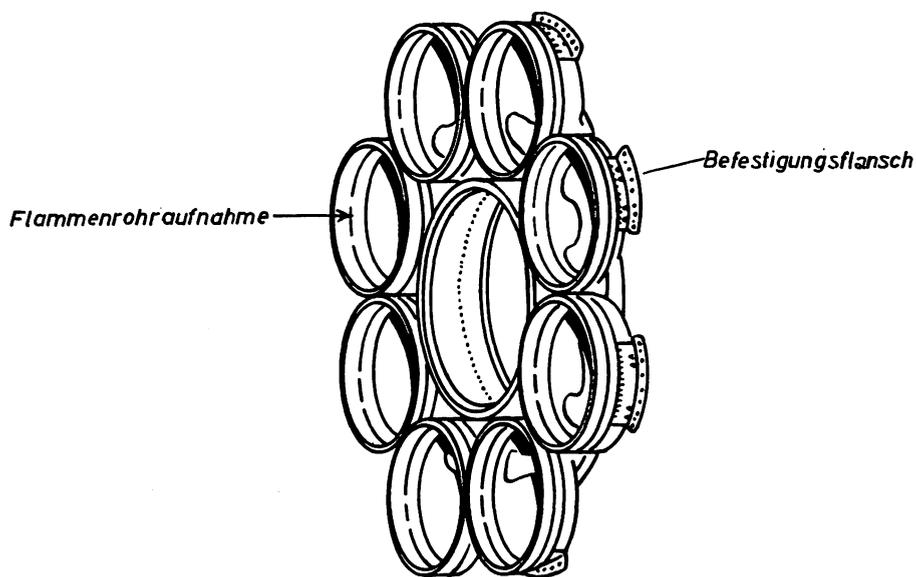
Flammenrohr



Brennerring

3.3.8.3 Aufbau des Überleitkanals Mounting of transition duct

In dem vorderen Teil des Überleitkanals münden die acht Flammenrohre. Der Überleitkanal (transition duct) hat die Aufgabe, das von den einzelnen Flammenrohren ausströmende Gas gleichmäßig auf die Hochdruckturbinenstufe zu verteilen. Um dieser Aufgabe gerecht werden zu können, münden die einzelnen, mit den Flammenrohren verbundenen Stutzen in einem Ringkanal. Dieser Ringkanal steht direkt mit dem Leitschaufelkranz der Hochdruckturbinenstufe in Verbindung. Der Überleitkanal ist in dem vorderen Teil des Turbinengehäuses befestigt. Die Befestigung erfolgt mit Hilfe von Flanschen.



Überleitkanal

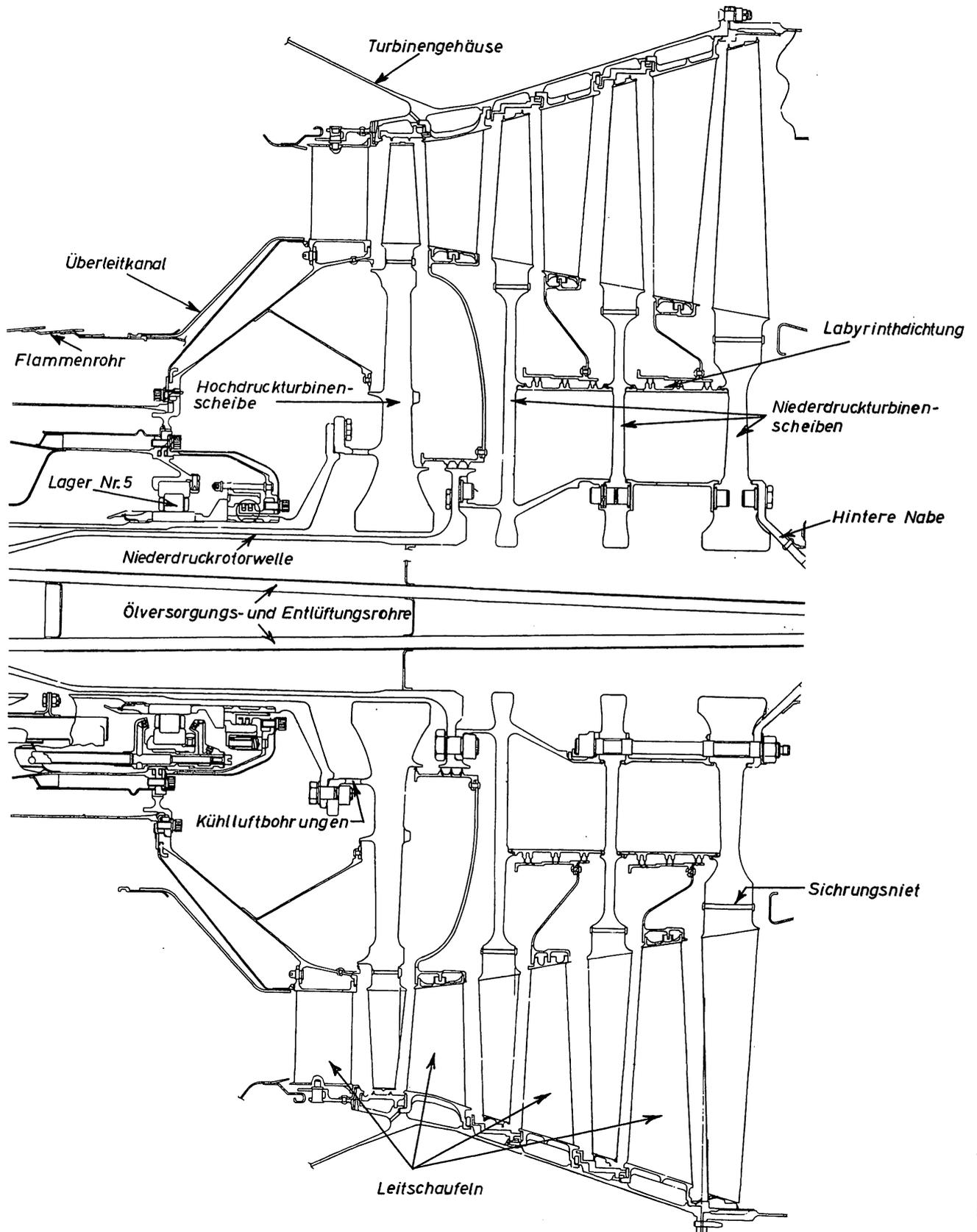
3.3.9 Aufbau des Turbinengehäuses Mounting of turbine case

Der vordere Teil des Turbinengehäuses wird von dem Überleitkanal eingenommen.

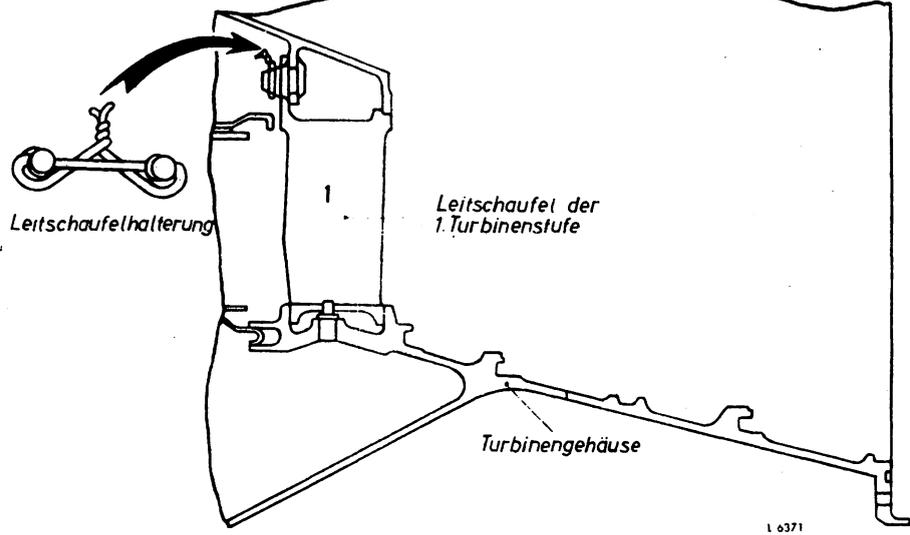
In dem hinteren Teil des Gehäuses sind die Leitschaufeln der einzelnen Turbinenstufen untergebracht. Zwischen den Turbinenstufen befinden sich Labyrinthdichtungen, die von den Abdeckplatten gebildet werden.

Die Leitschaufelbefestigung erfolgt in der Hochdruckturbinenstufe durch Führungsbolzen, die mit Drahtsicherungen gehalten werden.

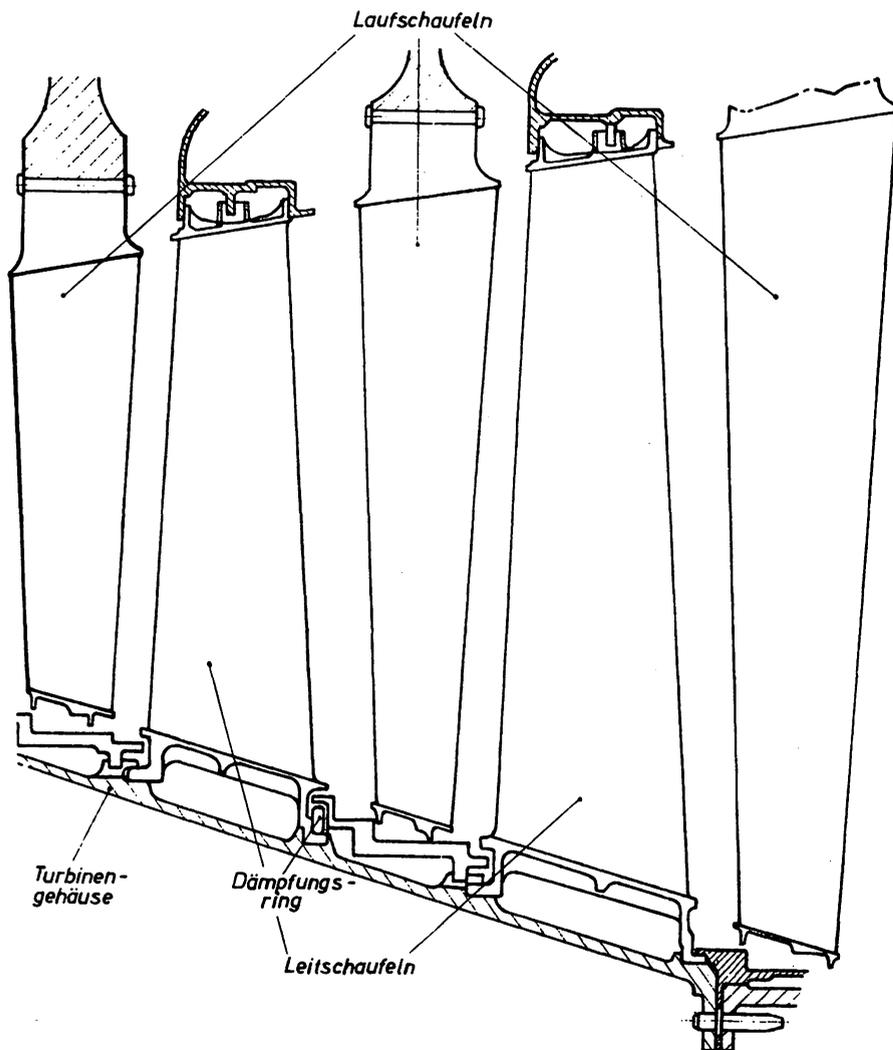
Die Befestigung der Niederdruckturbinenleitschaufeln erfolgt durch Abdeckringe, die sich gegeneinander abstützen.



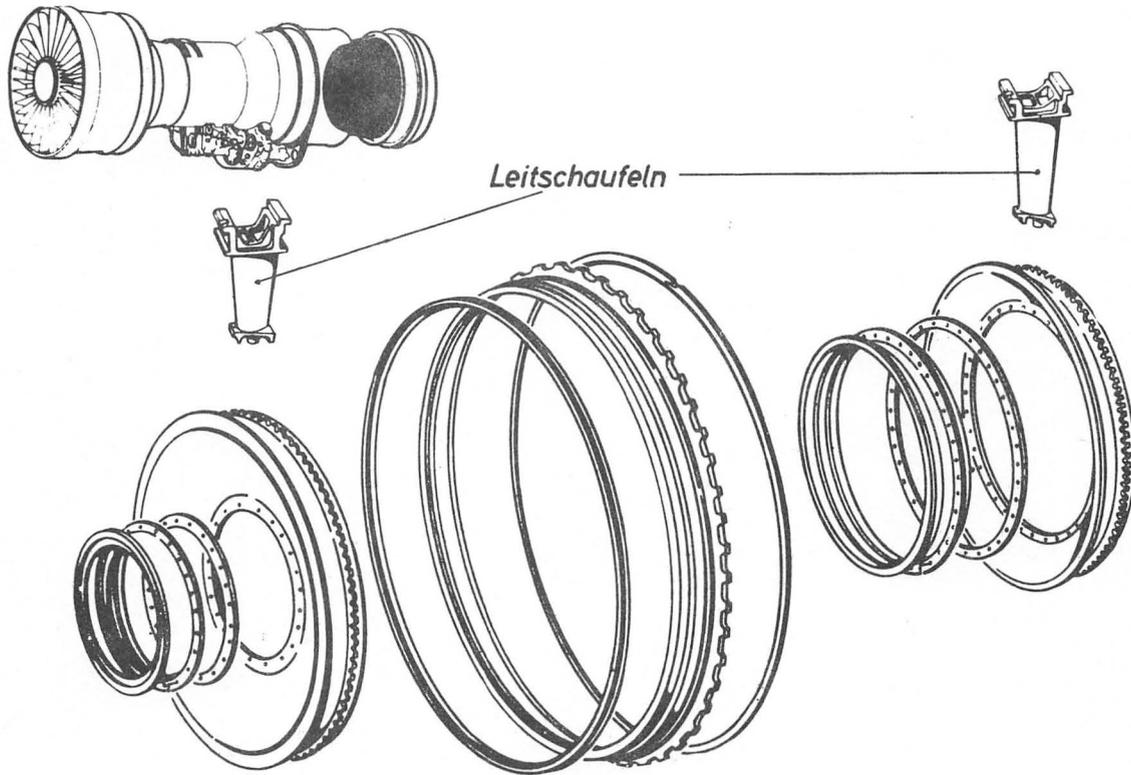
Turbinen



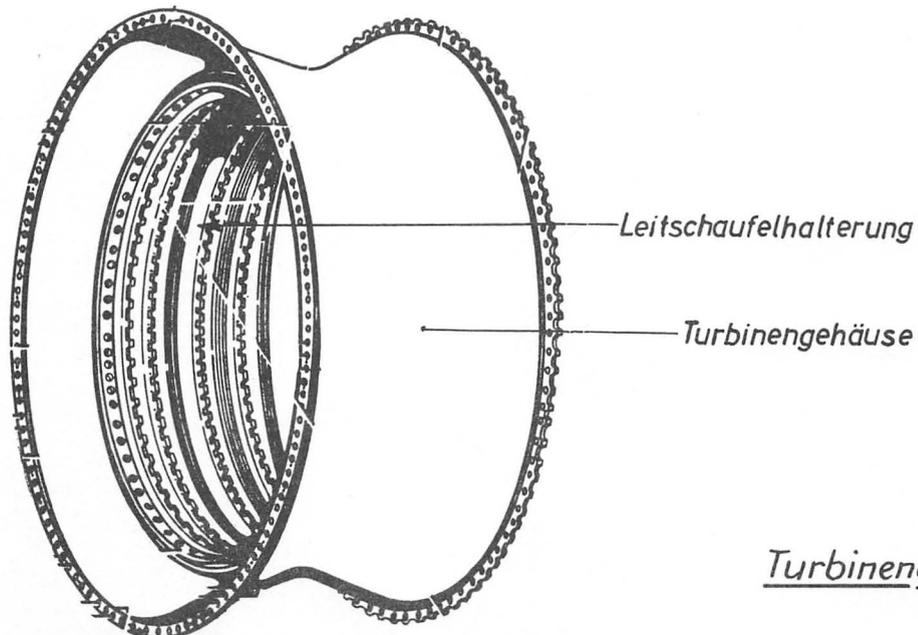
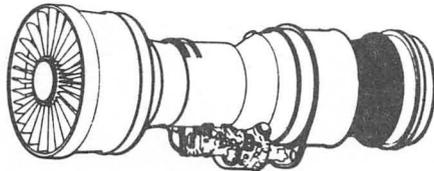
Befestigung der HD-Turbinenleitschaufeln



Niederdruckturbinen
Befestigung der Turbinen-Leitschaufelkränze



Abstützringe für Leitschaufeln

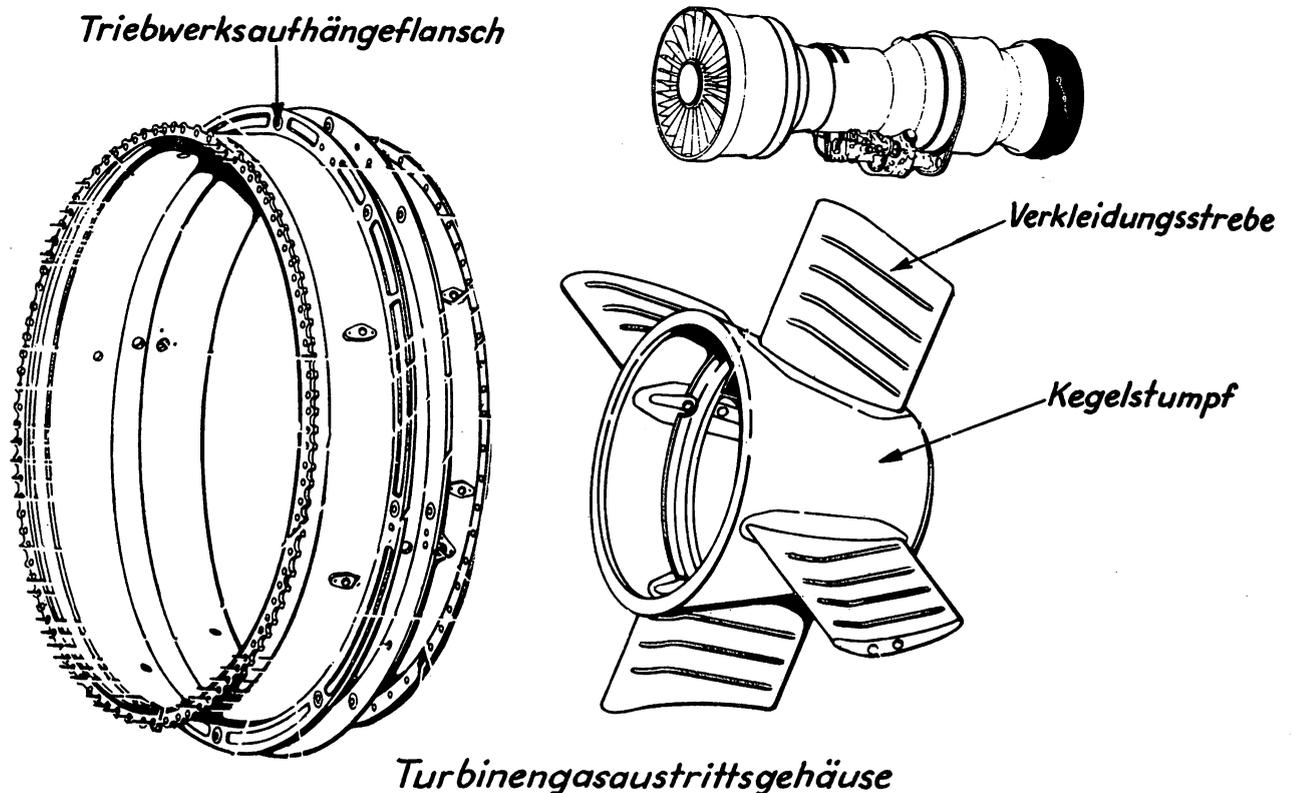


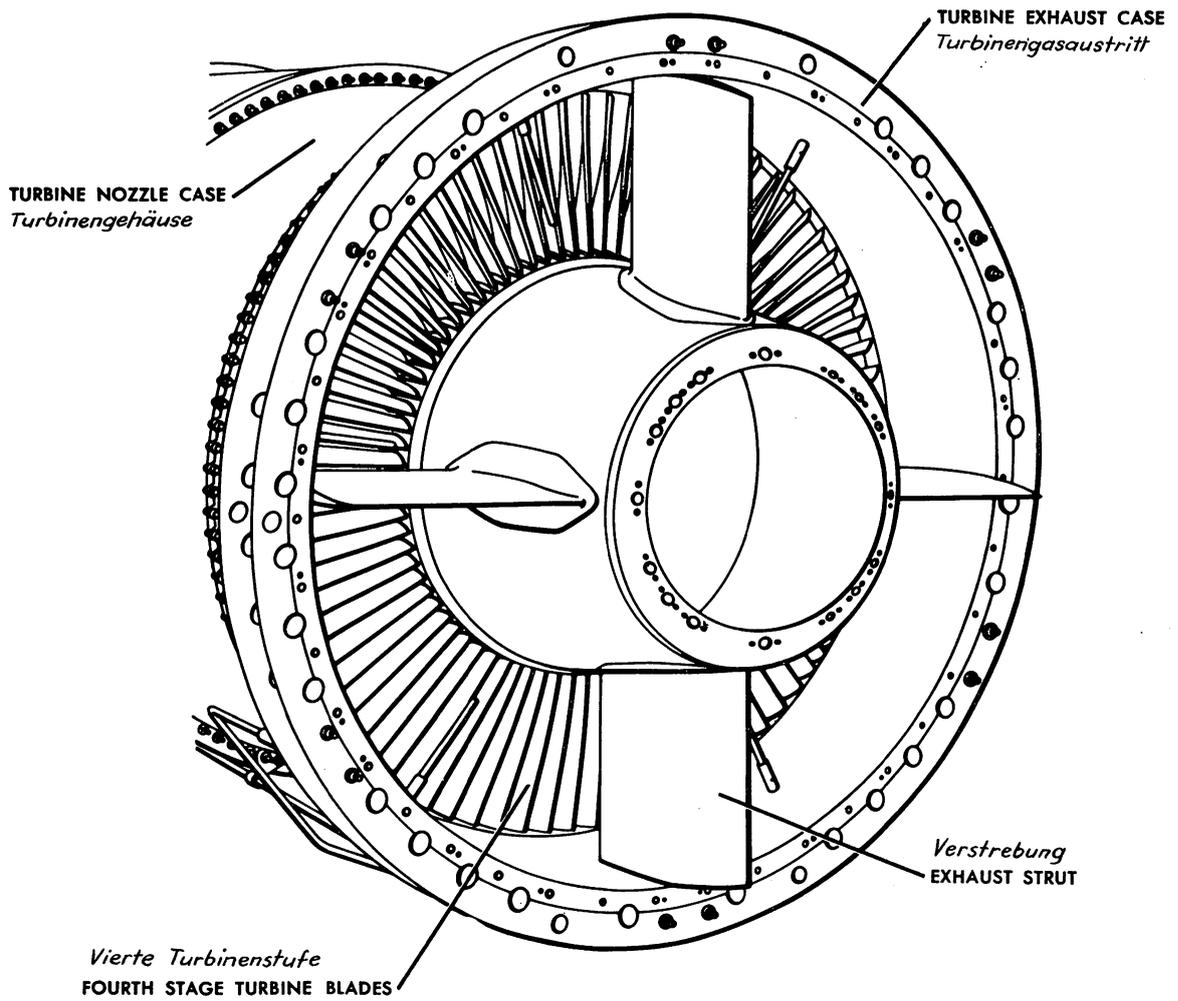
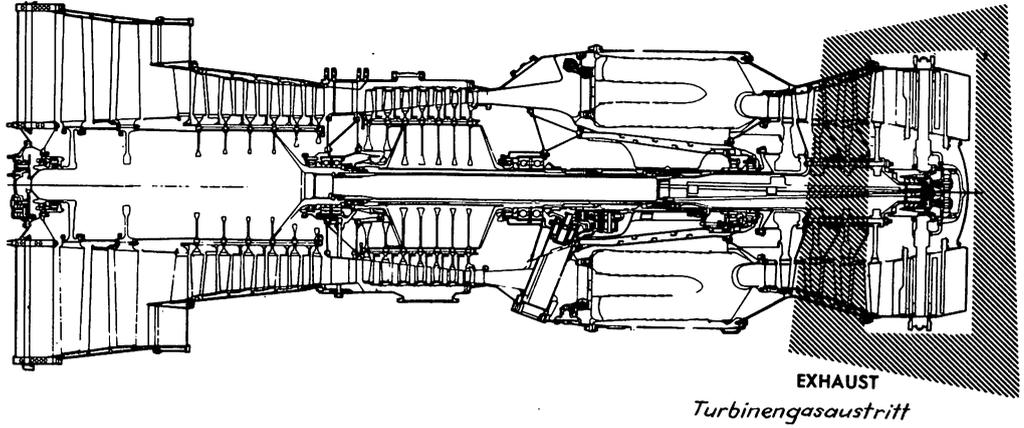
Turbinengehäuse

3.3.10 Aufbau des Turbinengasaustrittsgehäuses

Mounting of turbine exhaust case

Aus der Abb. Seite 37 geht der Aufbau des Turbinengasaustrittsgehäuses hervor. Das Gehäuse besteht im wesentlichen aus einem äußeren Gehäusering, der durch vier Streben mit dem inneren Konus verbunden ist. Das äußere Gehäuse trägt die EGT und P_{t7} -Fühler. In dem inneren Gehäusekonus ist das Lager Nr. 6 untergebracht. Die Schmierstoffversorgung für diese Lager und die Schmierstoffabführung erfolgt durch zwei der hohlen Streben. Die Lagerkräfte des Lagers Nr. 6 werden durch diese Streben an das äußere Gehäuse übertragen. Die hintere Triebwerksaufhängung erfolgt ebenfalls am Turbinengasaustrittsgehäuse.





3.4 HilfsgeräteeantriebeAccessorydrives3.4.1 N_1 -DrehzahlabhängeHilfsgeräteeantriebea) N_1 -Geräteträger

Dieser ist an der Vorderseite des inneren "FAN"-Eintrittsgehäuses angeflanscht und trägt Hilfsgeräteeantriebe für:

N_1 -Drehzahlgeber (außen)

Rückölpumpe des Lagers 1 (innen)

Der Antrieb vom N_1 -Läufer erfolgt über eine Stirnradübersetzung von einem Zahnrad, das den N_1 -Läufer vorne abschließt.

b) Rückölpumpe des Lagers 6 (innen), die über eine Stirnradübersetzung am Ende des N_1 -Läufers angetrieben wird.3.4.2 N_2 -DrehzahlabhängigeHilfsgeräteeantriebea) N_2 -Geräteträger oder Hauptgeräteträger

Dieser ist am vorderen Flansch (G) des Diffusorgehäuses befestigt und trägt Hilfsgeräteeantriebe für:

Kraftstoffpumpe (vorne außen)

Kraftstoffregler (vorne außen)

Gleichdrehzahlantrieb (vorne außen)

mit Generator

Anlasser (hinten außen)

N_2 -Drehzahlgeber (hinten außen)

Hydraulikpumpe (hinten außen)

Druckölpumpe (innen)

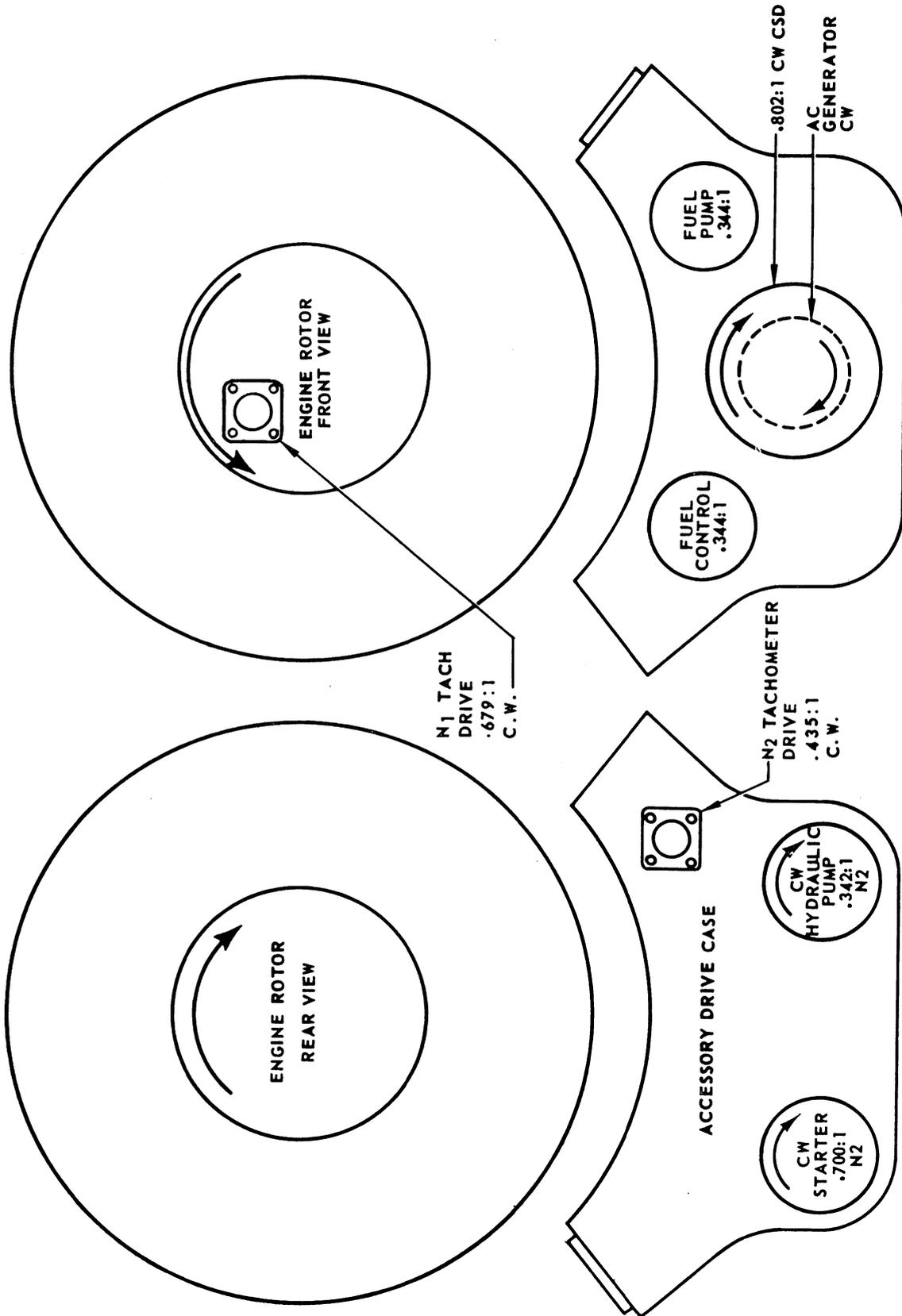
Haupt-Rückölpumpe (innen)

Zentrifugal-Lüfter (innen)

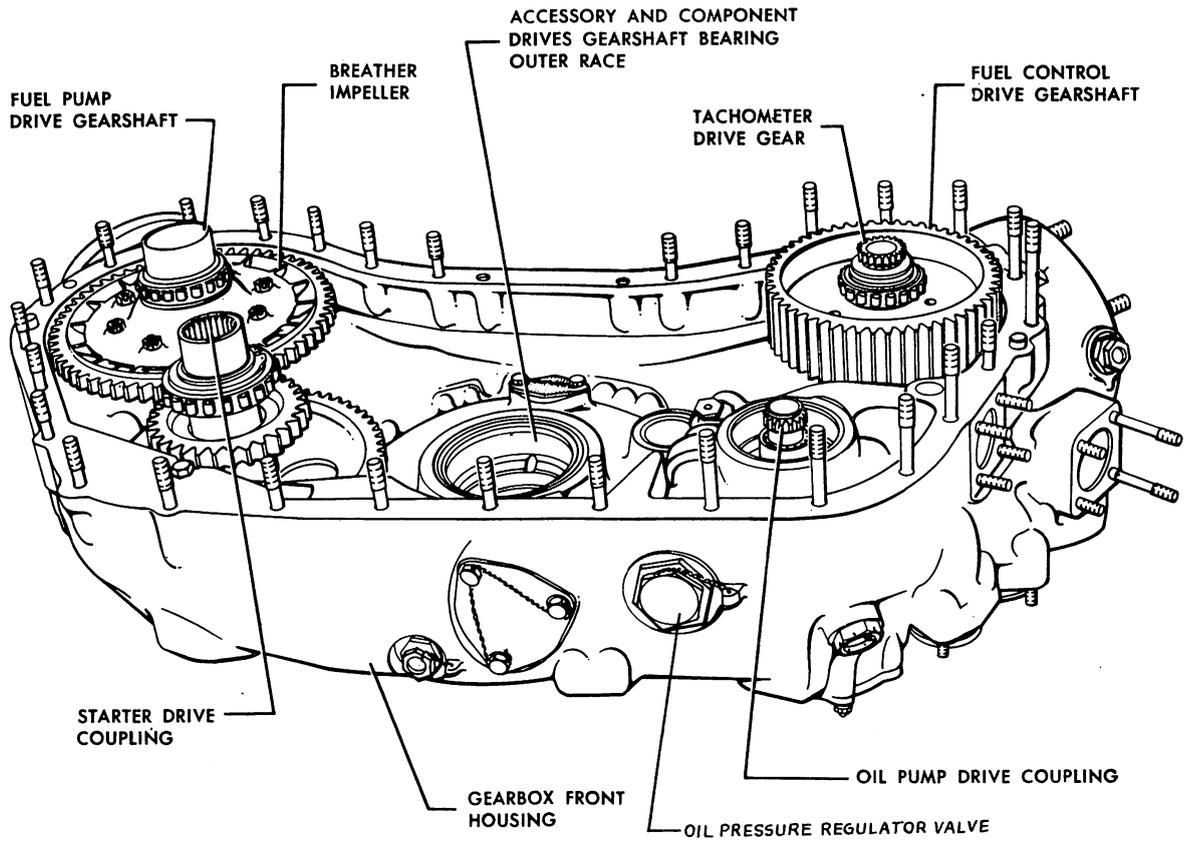
Die Hydraulikpumpe ist nur bei Innentriebwerken angeflanscht.

Der Antrieb vom N_2 -Läufer erfolgt über eine Kegelradübersetzung hinter dem Lager 4, eine Steckwelle, die durch die 6⁰⁰-Strebe des Diffusorgehäuses hindurchreicht und eine zweite Kegelradübersetzung im Hauptgeräteträger.

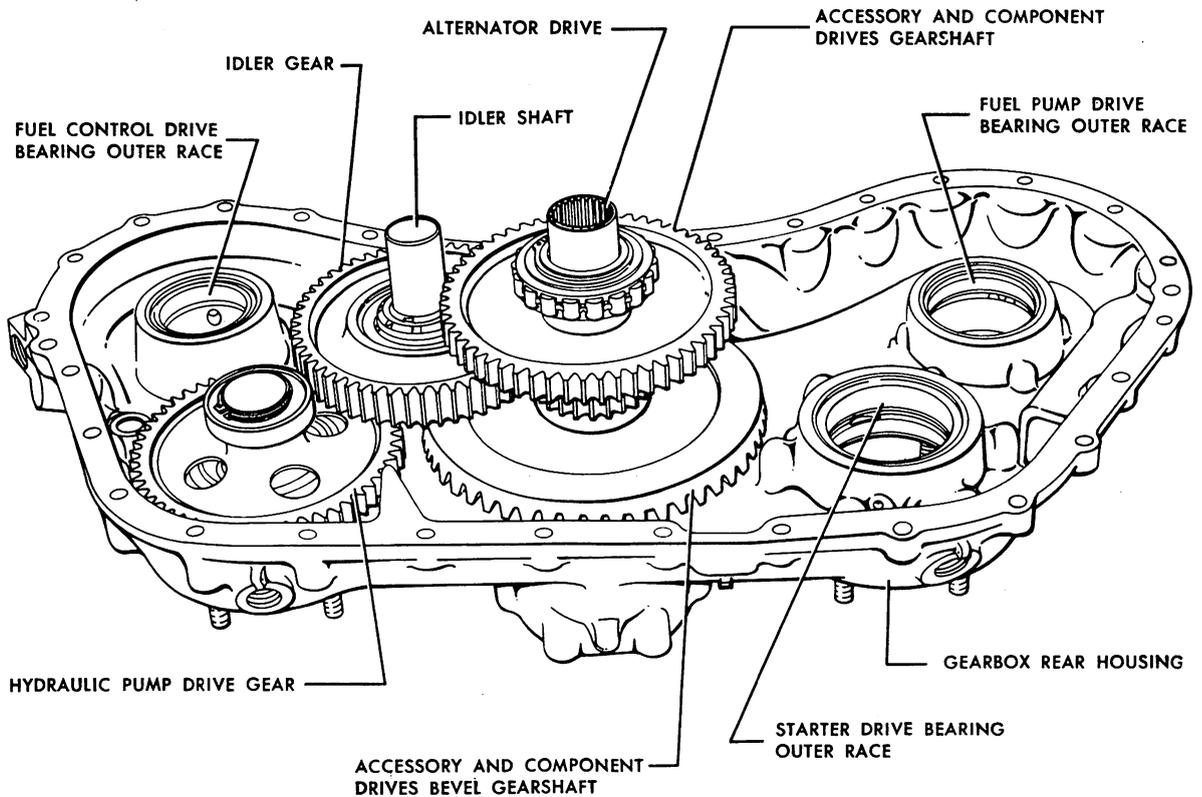
b) Rückölpumpen der Lager 4 und 5 (bzw. des inneren Ölsumpfes), die über eine Kegel-Stirnradübersetzung von der N_2 -Steckwelle angetrieben werden und sich im vorderen Teil des inneren Ölsumpfes befinden.



FAN ENGINE
ENGINE ACCESSORY DIAGRAM



Accessory Component Drive Gearbox Housing and Gears



Getriebekasten

4. Schmierstoffanlage

Oil system

4.1 Allgemeines

General

Das Turbinentriebwerk JT3D-3 ist mit einer Trockensumpf-Druckumlaufschmierung ausgerüstet, die auf Seite 2 dargestellt ist.

Da die Lagerung der Läufer durch Wälzlager erfolgt und auch keine hochbeanspruchten Getriebe eingebaut sind, genügt ein verhältnismäßig dünnflüssiges Öl mit mäßigem Druck zur ausreichenden Schmierung. Zur ausreichenden Kühlung der Lager muß jedoch das Öl mit großer Fördermenge pro Zeiteinheit umlaufen. Neben der Schmierung und Kühlung hat das Öl noch für die Reinigung und Konservierung der Anlage zu sorgen.

Bei dem Schmierstoff handelt es sich um ein synthetisches Produkt, das folgende Haupteigenschaften aufweist:

- a) Gleichbleibende Zähigkeit in einem großen Temperaturbereich (Viskostatik-Charakter)
- b) Alterungsbeständigkeit, d.h. widerstandsfähig gegen Wärme und Sauerstoffeinwirkung sowie gegen Korrosion (Anfressung, Zersetzung)
- c) Angriffsfreudig gegen bestimmte Metalle, Dichtwerkstoffe, Kabelisolierungen, Farben u.s.w. und in gewissen Sinne giftig, also nachteilige Eigenschaften.

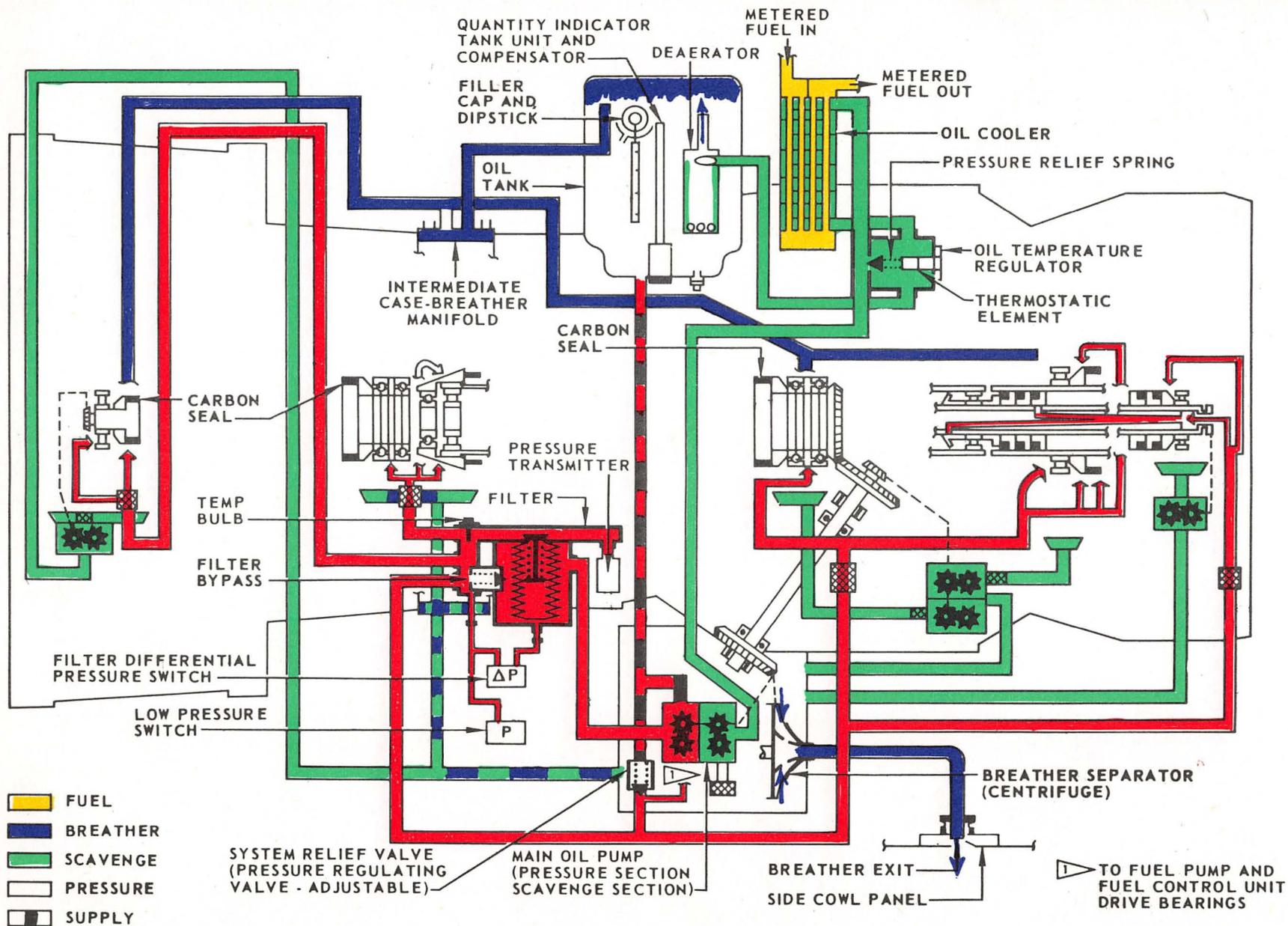
4.2 Hauptteile der Anlage

Mainparts of oil system

4.2.1 Druckbereich

Pressure system

- a) Druckölpumpe (Zahnradpumpe) im Hauptgeräteträger
- b) Druckölfilter mit Umgehungsventil bei 4⁰⁰ am Triebwerk
- c) Öl-Überdruckventil im Hauptgeräteträger mit Einstellmöglichkeit
- d) Druckölltgn. auf der rechten Seite des Triebwerkes mit Anschlüssen am Hauptgeräteträger, Druckölfilter, "FAN"-Eintrittsgehäuse, Verdichter-Zwischengehäuse, Diffusorgehäuse und Gasaustrittsgehäuse
- e) Siebfilter in den Druckölleitungen
- f) Schmierdüsen



4.2.1 RückölbereichScavenge system

- a) Lagerölsümpfe
- b) Rückölpumpen mit Ansaugsiebfilter in den Lagergehäusen
- c) Rückölleitungen auf der linken Seite des Triebwerkes mit Anschlüssen am "FAN"-Eintrittsgehäuse, Diffusorgehäuse, Gasaustrittsgehäuse und Hauptgeräteträger
- d) Haupt-Rückölpumpe im Hauptölsumpf (Hauptgeräteträger) mit Ansaugsieb
- e) Leitung vom Hauptgeräteträger zum Ölkühler-Steuerventil
- f) Ölkühler mit Ölkühler-Steuerventil bei 2^{oo} - 4^{oo} am Triebwerk, Kühlmittel: Hochdruckkraftstoff vom Kraftstoffregler (Fuel control unit = FCU)
- g) Ölbehälter bei 2^{oo} - 4^{oo} am Triebwerk mit Luftabscheide-Wirbelkammer hinter dem Rückölanschluß, Sauganschluß für Druckölpumpe, Lüftungsanschluß Ablasshahn, Einfüllstutzen mit Peilstab am Deckel mit el. Vorratsmeßgeber.

4.3 ÖlkreislaufOil circulation

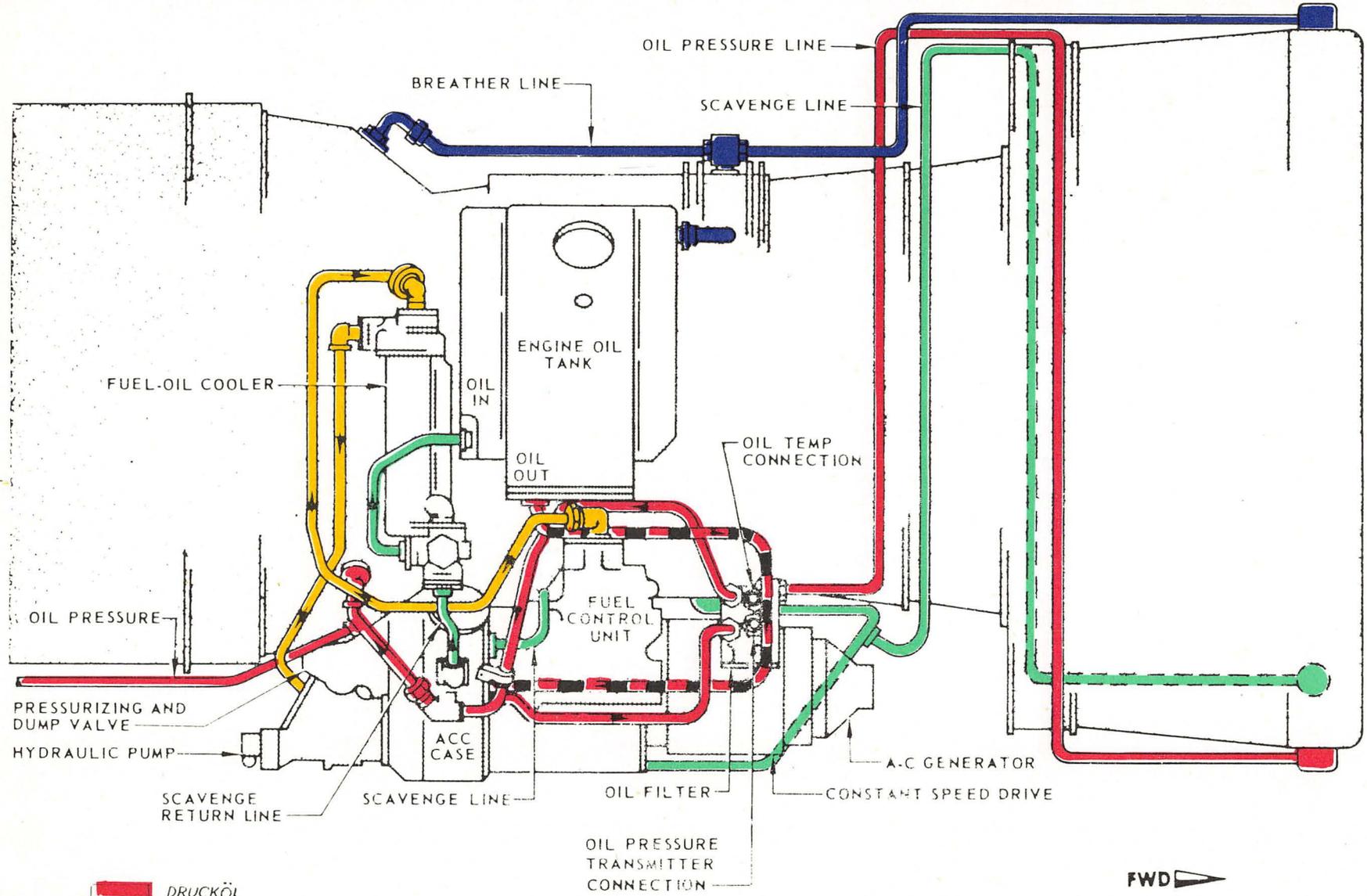
Das im Ölbehälter mitgeführte Öl steht in Verbindung mit der Saugseite der Druckölpumpe, die sich im Hauptgeräteträger befindet. Die Druckölpumpe fördert das Öl über das Druckölfilter, welches mit einem Umgehungsventil ausgestattet ist.

In der Leitung nach dem Druckölfilter befinden sich die Anschlüsse der Leitungen zu den einzelnen Schmierstellen und der Anschluß zu dem Öl-Überdruckventil (Oil pressure relief valve), das für die Begrenzung des maximalen Betriebsdruckes an den Schmierstellen sorgt.

Vor den einzelnen Schmierstellen befinden sich in den Druckleitungen je ein Siebfilter (Internal strainer) zum Schutz der kurz darauffolgenden Schmierdüsen. In der Druckleitung zum Lager 6 bzw. 4 1/2 befindet sich zusätzlich noch ein von außen zu erreichendes Siebfilter (Last chance filter) wegen der größeren Gefahr der Ölverkokung in der Leitung im heißen Bereich des Triebwerkes.

Bis auf das Lager 4 1/2 werden alle Lager direkt mit Drucköl versorgt. In diesem Fall gelangt das Öl über eine Spritzdüse im Lagergehäuse 6 in die aus 4 Rohren bestehende "Schmiertrumpete" in der ND-Läuferwelle und dann von innen in das Lager 4 1/2.

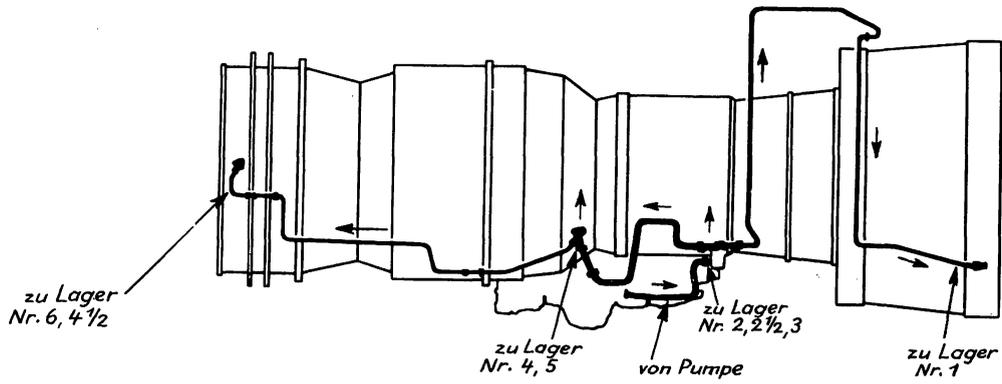
Das in den einzelnen Lagerölsümpfen anfallende Öl wird durch Rückölpumpen zum Hauptölsumpf (Hauptgeräteträger) gefördert mit Ausnahme des Öles im Ölsumpf der Lager 2, 2 1/2 und 3, das nur eine Leitungsverbindung mit dem Hauptgeräteträger hat. Im Hauptölsumpf befindet sich die Haupt-Rückölpumpe, die alles zufließende Öl zum Ölkühler fördert. Das Öl tritt dann in eine im Ölbehälter befindliche Wirbelkammer ein, in der die im Öl enthaltene Luft ausgeschieden wird, so daß wieder reines Öl zur Druckölpumpe gelangen kann.



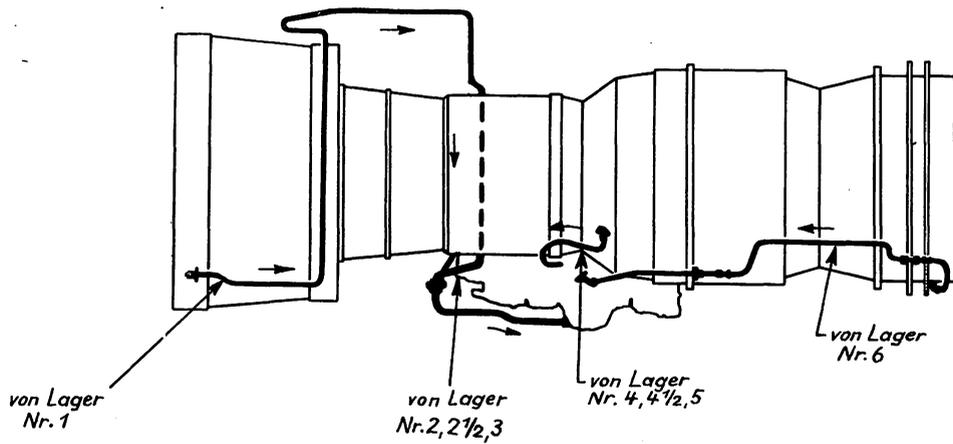
- DRUCKÖL
- RÜCKÖL
- LÜFTERDRUCK
- KRAFTSTOFF

FAN ENGINE
ENGINE OIL COOLING

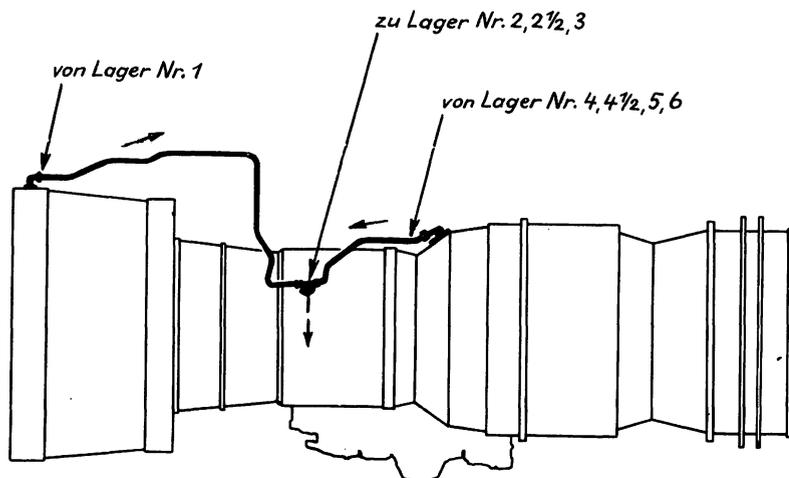




Druckölverlauf



Rückölverlauf



Entlüftung

4.4 EntlüftungBreather system

An den Abdichtungen der Lagergehäuse tritt Luft ein. Die Luft verbindet sich zum Teil mit dem Schmierstoff zu Schmierstoffschaum und wird von den Rückförderpumpen mit abgesaugt. In den oberen Bereichen bildet sich Ölnebel, der über eigene Lüfterleitungen (breather lines) abzieht.

Die Entlüftung des Lagers Nr. 1 erfolgt über eine eigene Lüfterleitung, die zum Lagergehäuse der Lager Nr. 2; 2 1/2 und 3 führt. Das Lager Nr. 6 wird über die "Schmier-trompete" nach Lager Nr. 4 1/2 und von dort in den inneren Ölsumpf (zwischen Lager 4 und 5) entlüftet. In den inneren Ölsumpf erfolgt auch die Entlüftung der Lager Nr. 4 und 5. Über eine gemeinsame Lüfterleitung wird der Ölnebel aus dem inneren Ölsumpf ebenfalls in das Lagergehäuse der Lager Nr. 2; 2 1/2 und 3 gebracht. In diesem Lagergehäuse, das mit keiner Rückförderpumpe versehen ist, hat der Ölnebel die Aufgabe, den Schmierstoff in die Rücklaufleitung zu drücken. Der Ölnebel selbst gelangt über die Rückölleitung in den Hauptgeräteträger. Hier vereinigt er sich mit dem vom Öltank kommenden Ölnebel. Innerhalb des Hauptgeräteträgers rotiert das Lüfterrad (Centrifugal breather). Das Lüfterrad schleudert die Ölteilchen aus dem Ölnebel und sorgt dafür, daß verhältnismäßig reine Luft an die Atmosphäre gelangt. Der Luftaustritt befindet sich im Bereich des Hauptgeräteträgers.

4.5 ÜberwachungIndication

a) Ölvorrat

Messung durch Peilstab (Dip stick), der die aufzufüllende Menge in USG anzeigt, am Boden oder durch elektrische Messung mittels eines Ölvorrats-Meßgebers im Ölbehälter (Oil quantity tank unit). Anzeige der elektrischen Messung im Flugzeugführerraum an der FI- Instrumententafel.

b) Öldruck

Messung des Öldruckes mittels eines Öldruckgebers (Oil pressure transmitter), der in einer Zweigleitung hinter dem Druckölfilter angeschlossen ist.

Anzeige des Öldruckes im Flugzeugführerraum an der FI- Instrumententafel in psi.

c) Öldruckwarnung

Druckwarnschalter für Unterschreitung des Mindestdruckes an der gleichen Zweigleitung wie unter b) angeschlossen. Anzeige durch Aufleuchten einer gelben Warnlampe (Amber light) im Flugzeugführerraum an der Instrumententafel des Flugzeugführers.

d) Druckölfilter-Differenzdruckwarnung

Differenzdruck-Warnschalter, angeschlossen an Leitung vor und hinter dem Druckölfilter, der anspricht, sobald der Differenzdruck am Filter einen bestimmten Wert erreicht. Anzeige durch Aufleuchten der gleichen Warnlampen wie unter c).

e) Öltemperatur

Messung durch Temperaturfühler am Druckölfilter. Anzeige auf der FI-Instrumententafel im Flugzeugführerraum.

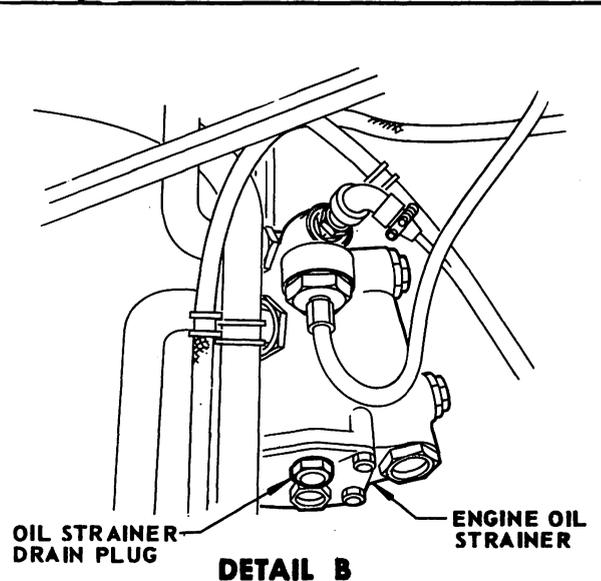
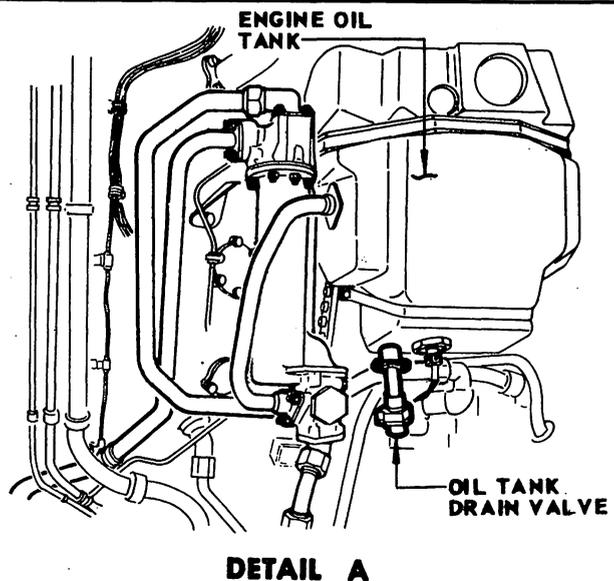
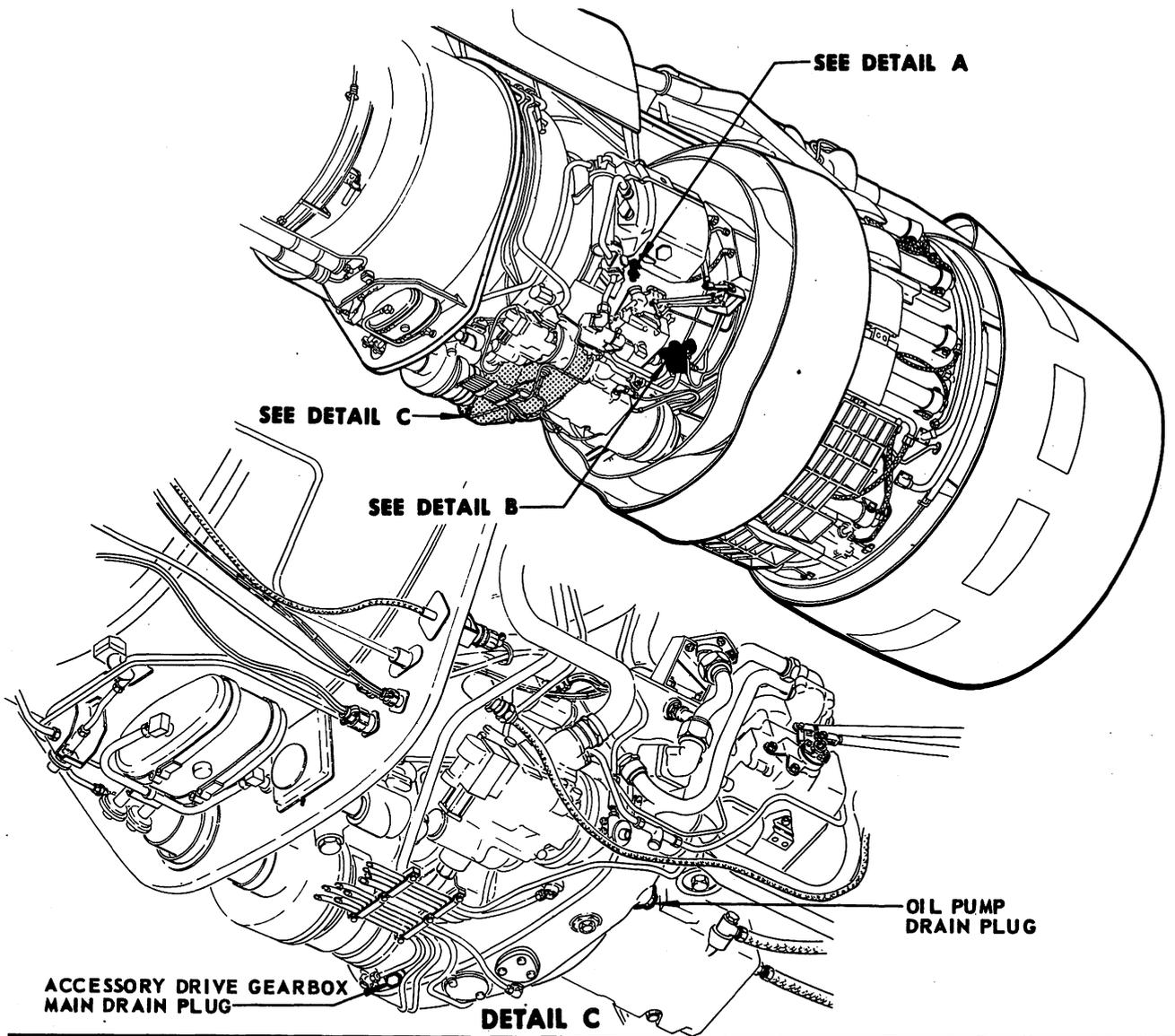
4.6 WartungMaintenance

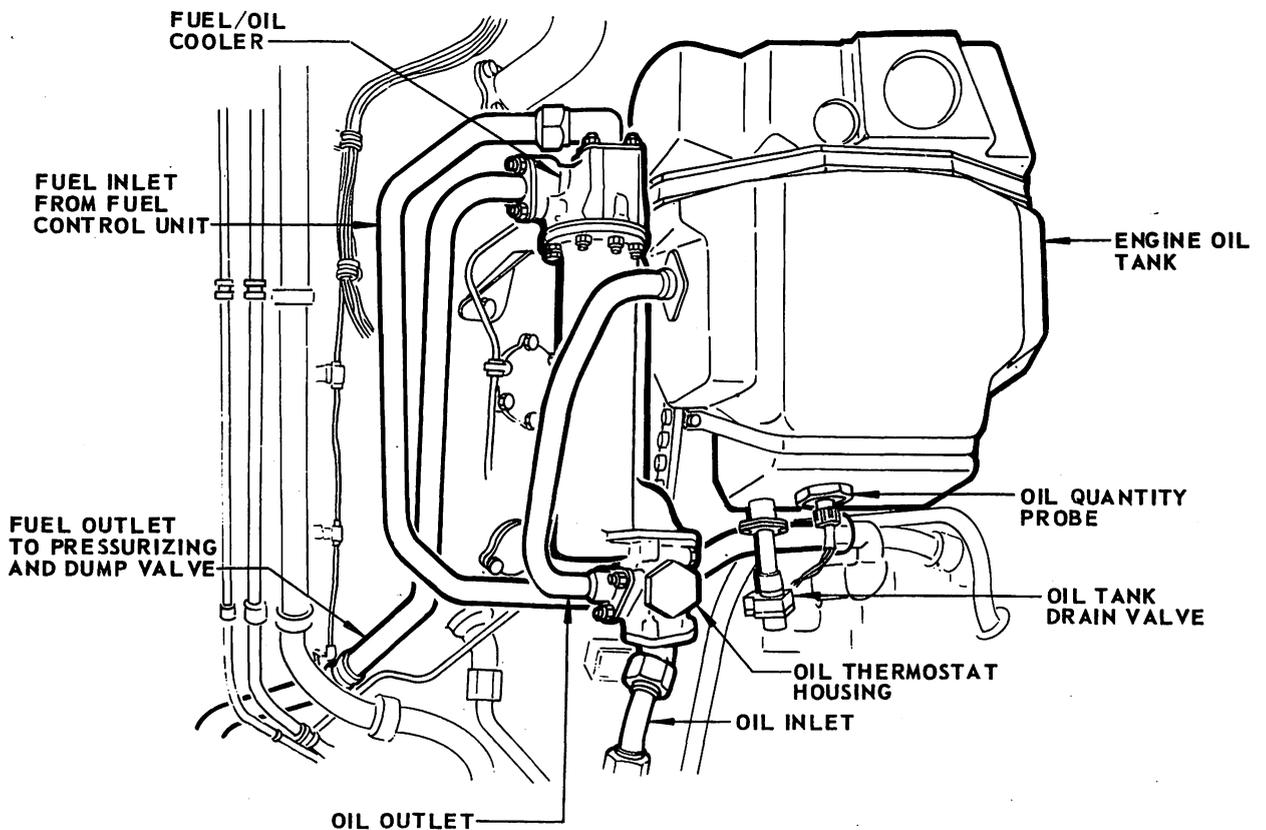
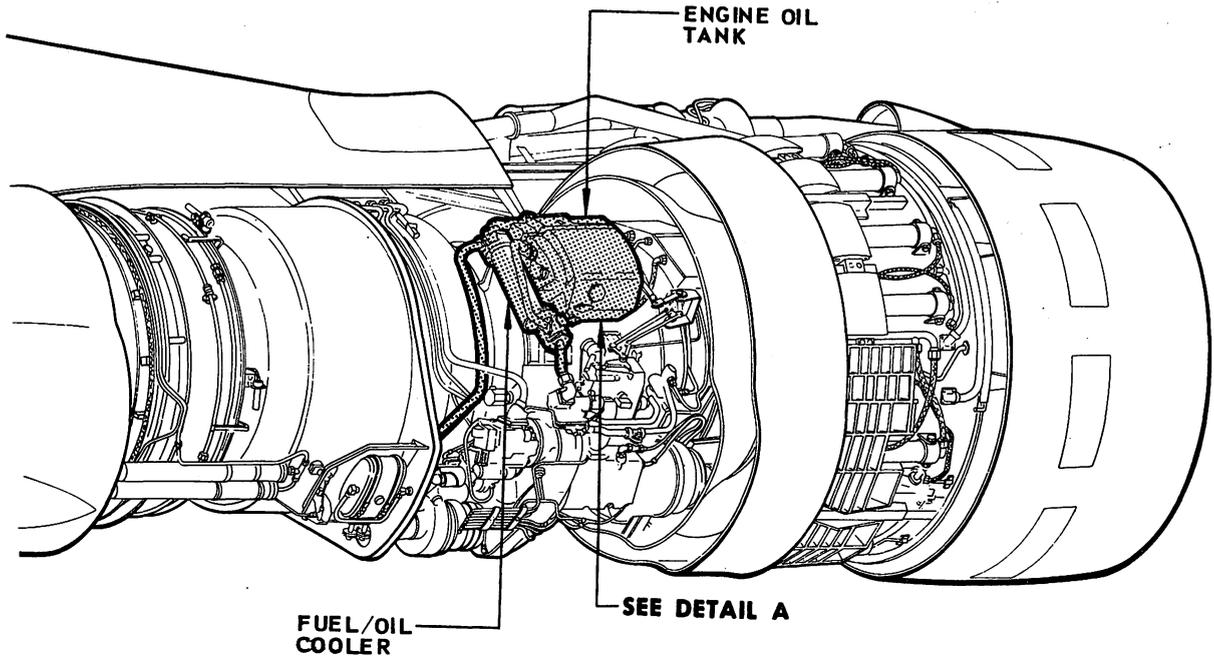
a) Ölstandkontrolle

Die Ölstandablesung soll nach jeder Landung bzw. vor jedem Start vorgenommen werden. Sie muß innerhalb von 30 min nach dem Abstellen des Triebwerkes erfolgen, da sich nach dieser Zeit falsche Ölstandsablesungen ergeben. Im Bedarfsfall ist Öl nachzufüllen und zwar bis zur Vollmarke des Peilstabes.

b) Ölwechsel

Das Öl muß nach dem im TBH vorgeschriebenen Zeitabstand erneuert werden. Ablassen des Oles aus der Anlage über die 4 Ablässe, die auf der Seite 8 dargestellt sind. Auffüllen des neuen Oles nur über den Einfüllstutzen am Ölbehälter, und zwar bis zur Einfüllstutzenöffnung. Darauf achten, daß das vorgeschriebene Öl verwendet wird! Bei jedem Ölwechsel muß eine Druckölfilterkontrolle erfolgen.



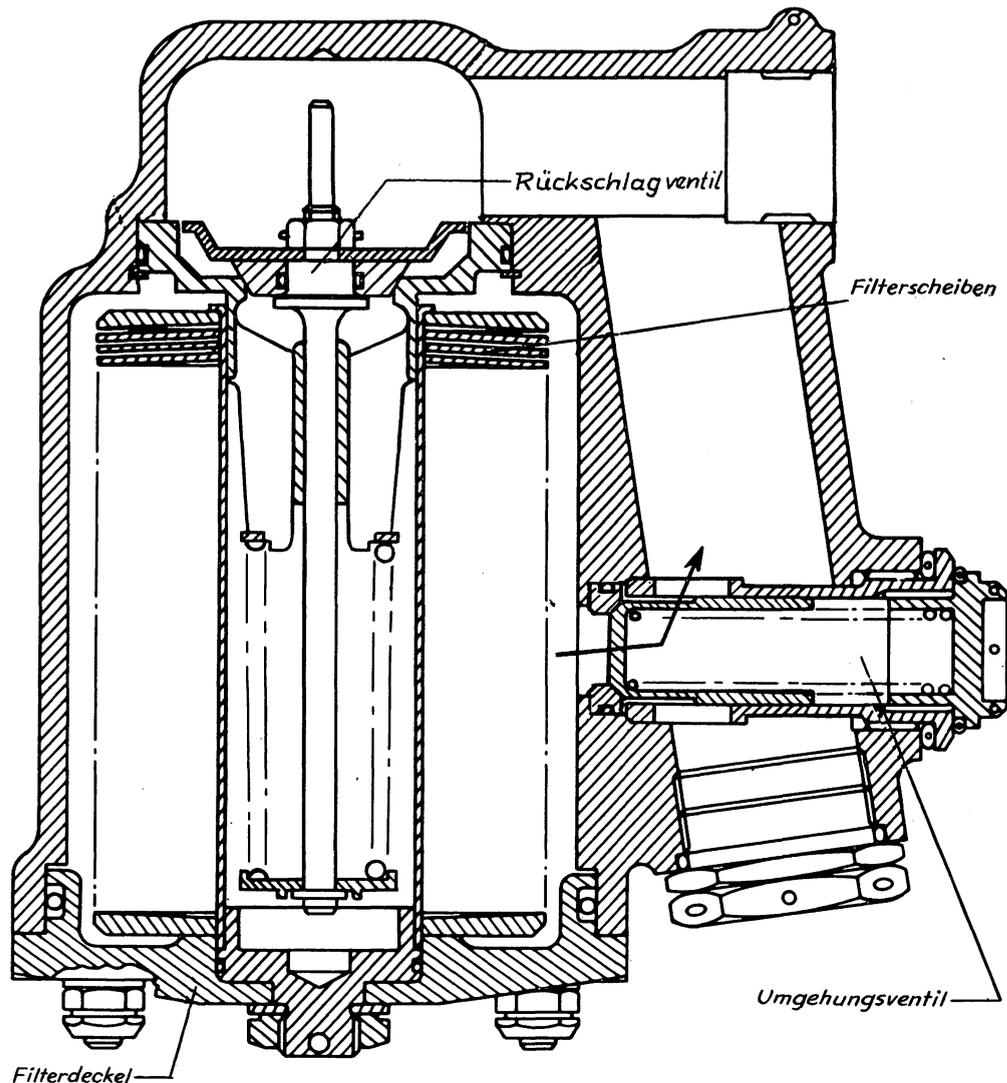


Schmierstofftank

c) Druckölfilter-Kontrolle:

Das Druckölfilter ist bei jedem Ölwechsel und bei Beanstandungen zu kontrollieren (siehe TBH). Dabei ist darauf zu achten, daß

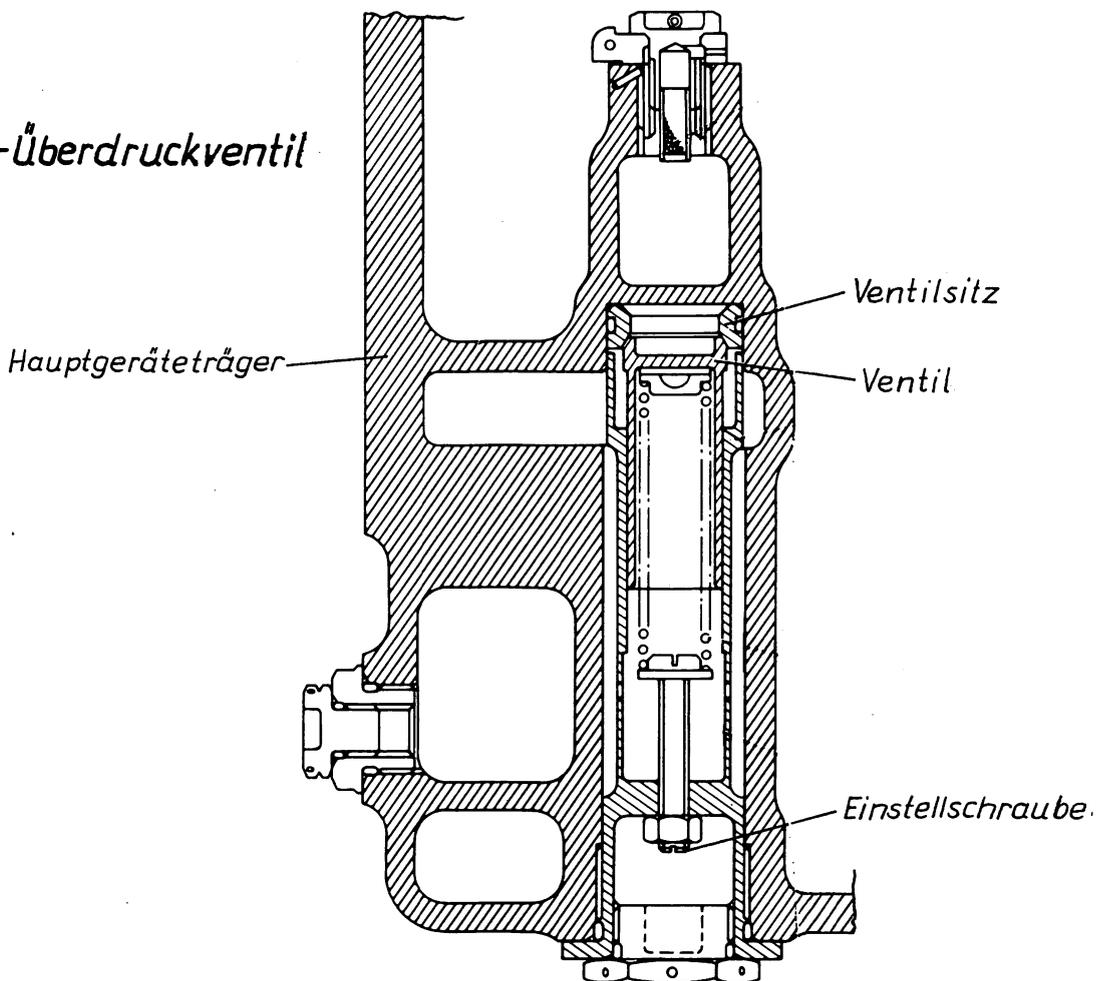
- 1) das Gehäuse äußerlich sauber ist,
- 2) das Druckölfilter-Gehäuse über den Ablass entleert wird,
- 3) das abgelassene Öl keine elektr. Leitungen berührt und in neuen sauberen Behältern aufgefangen wird.
- 4) das Filter nach TBH-Vorschrift kontrolliert und gereinigt wird,
- 5) die verwendete Reinigungsflüssigkeit zusammen mit dem abgelassenen Öl in eine Filtertüte geschüttet und diese richtig bezeichnet zur Prüfung weitergegeben wird,
- 6) vor dem Einbau des Filters der O-Ring sich in einwandfreiem Zustand befindet und richtig eingelegt wird,
- 7) die mittlere Halteschraube für die Filterscheiben sowie die Muttern für den Deckel mit dem vorgeschriebenen Drehmoment angezogen werden.

**Druckölfilter**

d) Öldruck-Einstellung

Das Einstellen des Schmierstoffdruckes ist mit Hilfe des einstellbaren Überdruckventils möglich. Zur Erhöhung des Druckes ist die Einstellschraube im Uhrzeigersinn zu drehen. Das Einstellen des Druckes ist notwendig, sobald er aus den vorgeschriebenen Grenzen fällt.

Öl-Überdruckventil



e) Konservierung

Die Schmierstoffanlage muß konserviert werden, wenn das Triebwerk länger als 90 Tage nicht in Betrieb genommen werden soll. Die Konservierung muß mit dem vorgeschriebenen Öl erfolgen.

f) Lüfterdruck-Kontrolle

Wenn der Ölverbrauch den zulässigen Wert übersteigt, muß der Lüfterdruck (Breather pressure) gemessen werden. Das ist am Boden während des Standlaufes möglich. Verwendet wird eine in Zoll Quecksilbersäule (in.Hg) geeichte Meßvorrichtung, die an einem besonderen Einfüllstutzendeckel für den Ölbehälter angebracht ist.

Gründe für zu hohen Lüfterdruck:

- 1) beschädigter Lager-Dichtring
- 2) undichte Hülse im HDV-Läufer

5. Kühl- und DichtluftanlageCooling and sealing
air system5.1 AllgemeinesGeneral

Innerhalb des Motors wird an verschiedenen Stellen Luft abgezweigt. Diese Luft dient zur Kühlung innerer Triebwerksteile, besonders des Turbinenbereiches. Weiterhin wird diese Luft zur Beaufschlagung der Lagerabdichtungen herangezogen. Es wird durch die abgezweigte Luft auch eine teilweise axiale Entlastung der Lager hervorgerufen.

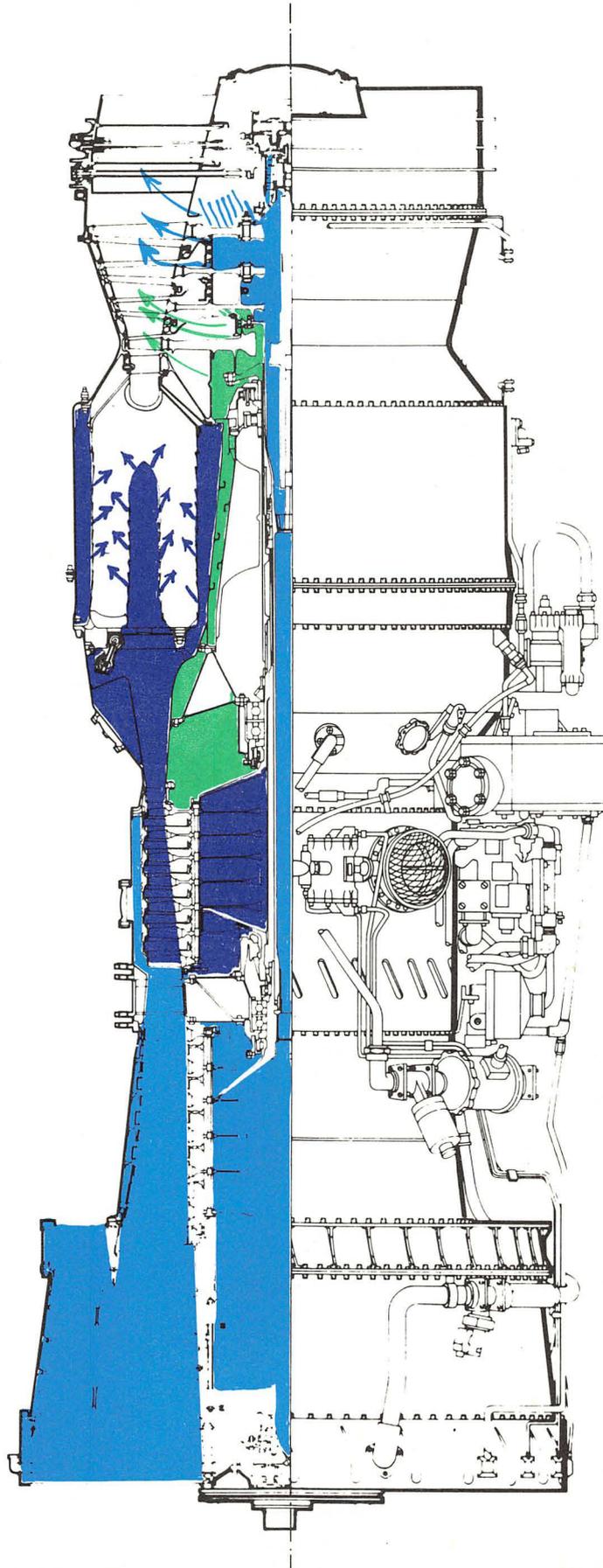
5.2 LuftführungAir circulation

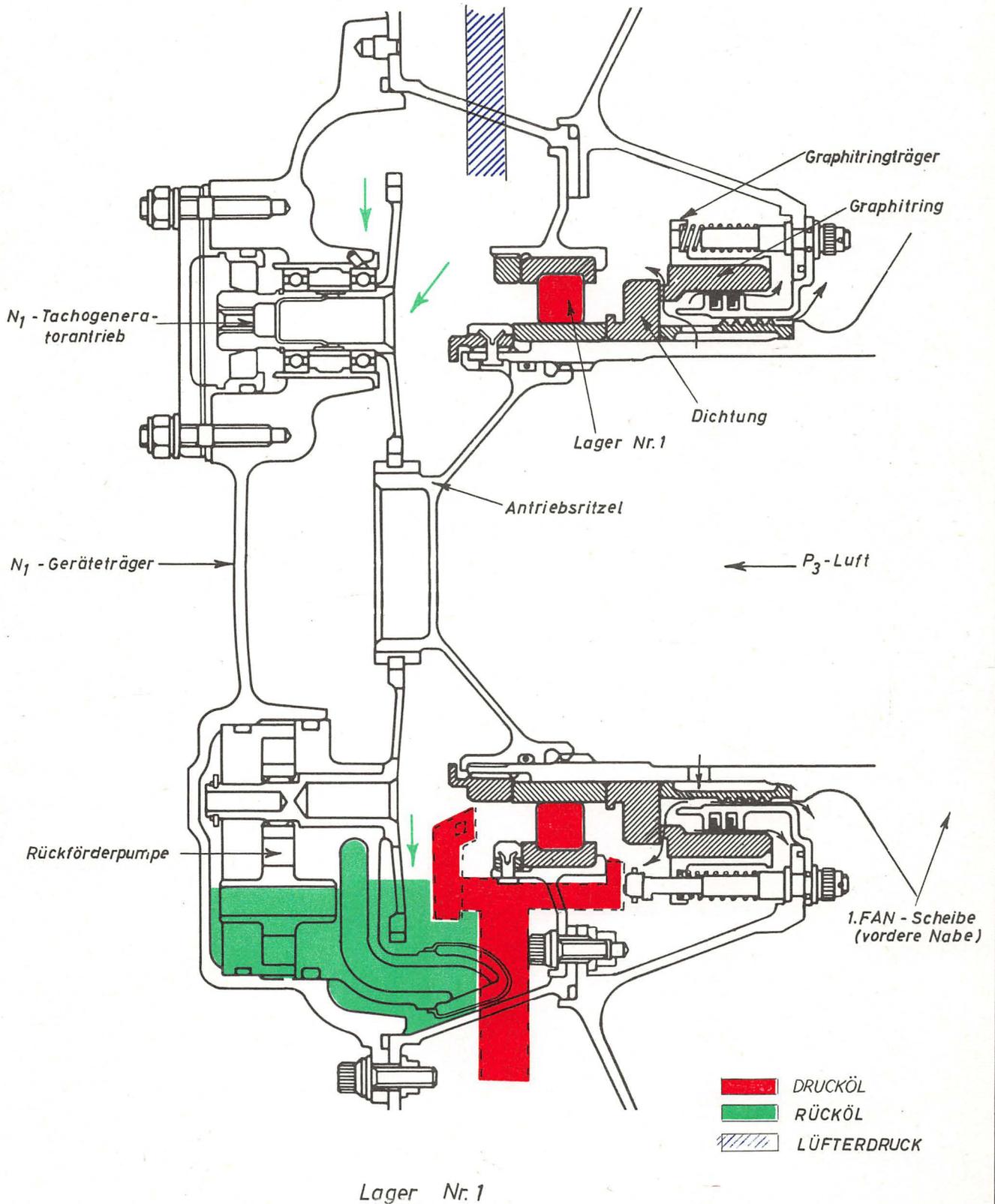
Die Luftführung ist auf Seite 2 schematisch dargestellt. Die erste, für diese Betrachtung interessante Luftabzweigung erfolgt am Austritt des Niederdruckverdichters (P_2 -Luft). Diese Luft gelangt an die Vorderseite der Abdichtung für die Lager Nr. 2; 2 1/2 und 3. Sie strömt weiter in das Innere des Niederdruckverdichterrrotors. Von hier aus gelangt sie von innen her an die Abdichtung von Lager Nr. 1 und durch die Niederdruck-Rotorwelle in den Bereich der Niederdruckturbinen, um hier als Kühlluft zu dienen. Mit der in den hinteren Bereich gelieferten P_2 -Luft wird auch die Abdichtung von Lager Nr. 6 beaufschlagt. Die P_2 -Luft füllt außerdem den Ringkanal, der vom Verdichtierzwischengehäuse und vom Hochdruckverdichtergehäuse gebildet wird, aus.

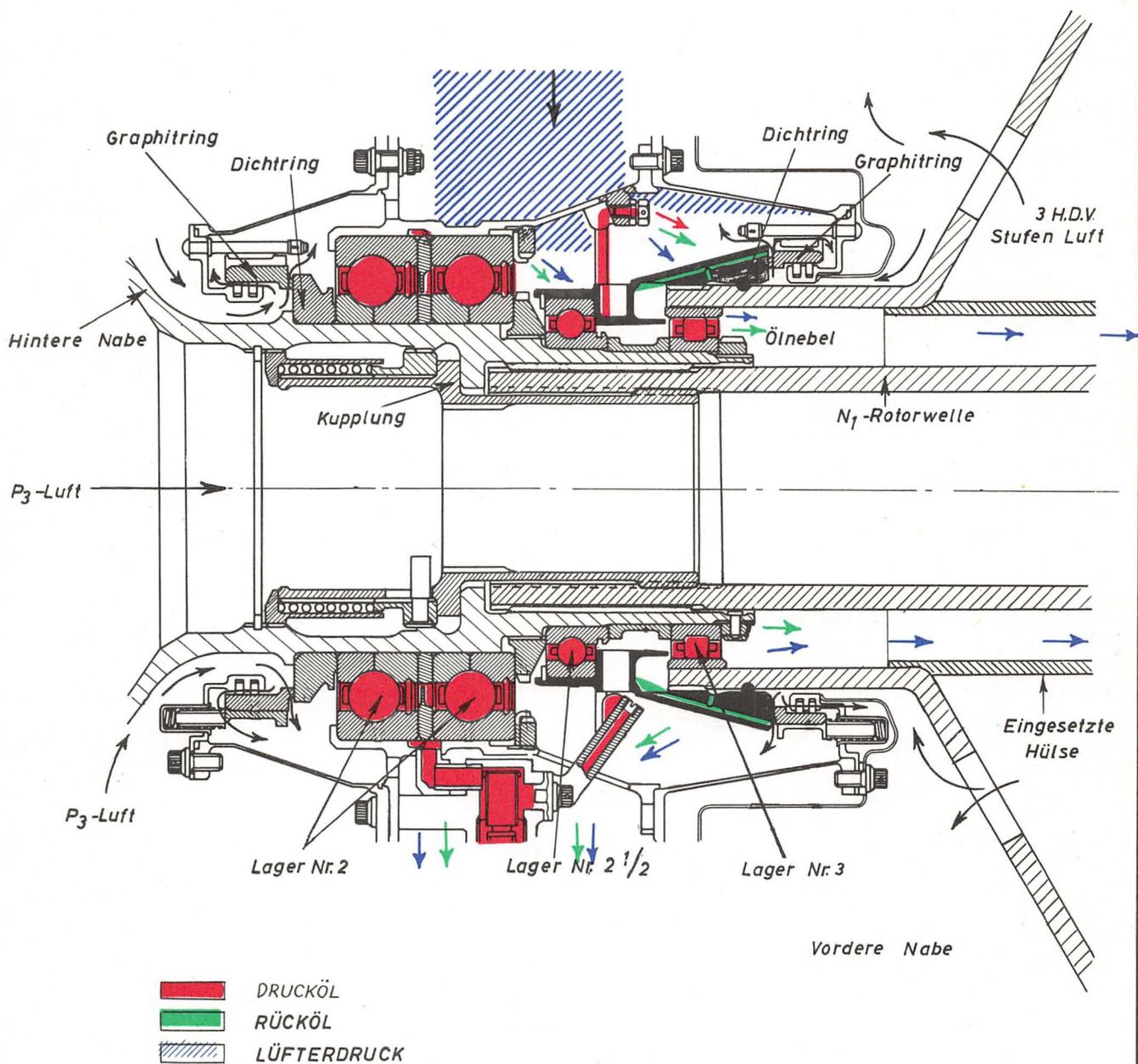
Aus der 3. Hochdruckverdichterstufe wird Luft nach innen abgezweigt, die den Innenraum des Hochdruckverdichterrrotors ausfüllt. Diese Luft strömt über die vordere Nabe des Verdichters auf die Hinterseite der Lagerabdichtung für Lager Nr. 2; 2 1/2 und 3. Es ergibt sich eine einseitige Druckbeaufschlagung der hinteren Nabe des Hochdruckverdichters, die zur axialen Entlastung des Lagers Nr. 4 führt. Der überwiegende Teil dieser Luft strömt zwischen der Hinterseite des Verdichtierzwischengehäuses und der Vorderseite des Hochdruckverdichters wieder in den allgemeinen Luftstrom zurück. An der Ausgangsseite des Hochdruckverdichters wird Luft über eine starke Drosselstelle nach innen abgezweigt (red. P_4 -Luft). Diese Luft gelangt an das Lager Nr. 4 um zur Abdichtung⁴ zu dienen. Ein Teil dieser Luft strömt durch das doppelwandige Stützgehäuse (Support) für Lager Nr. 5 unter dem Verbrennungssystem entlang und sorgt für eine Wärmeabschirmung des inneren Ölsumpfes. Am Lager Nr. 5 wird diese Luft zu Dichtzwecken herangezogen. Im Bereich der Hochdruckturbinen wird diese Luft als Kühlmedium verwendet. Zwischen den beiden Rotorwellen strömt die Luft nach vorn um die Abdichtung des Lagers Nr. 4 1/2 zu beaufschlagen.

5.3 LagerabdichtungBearing seals

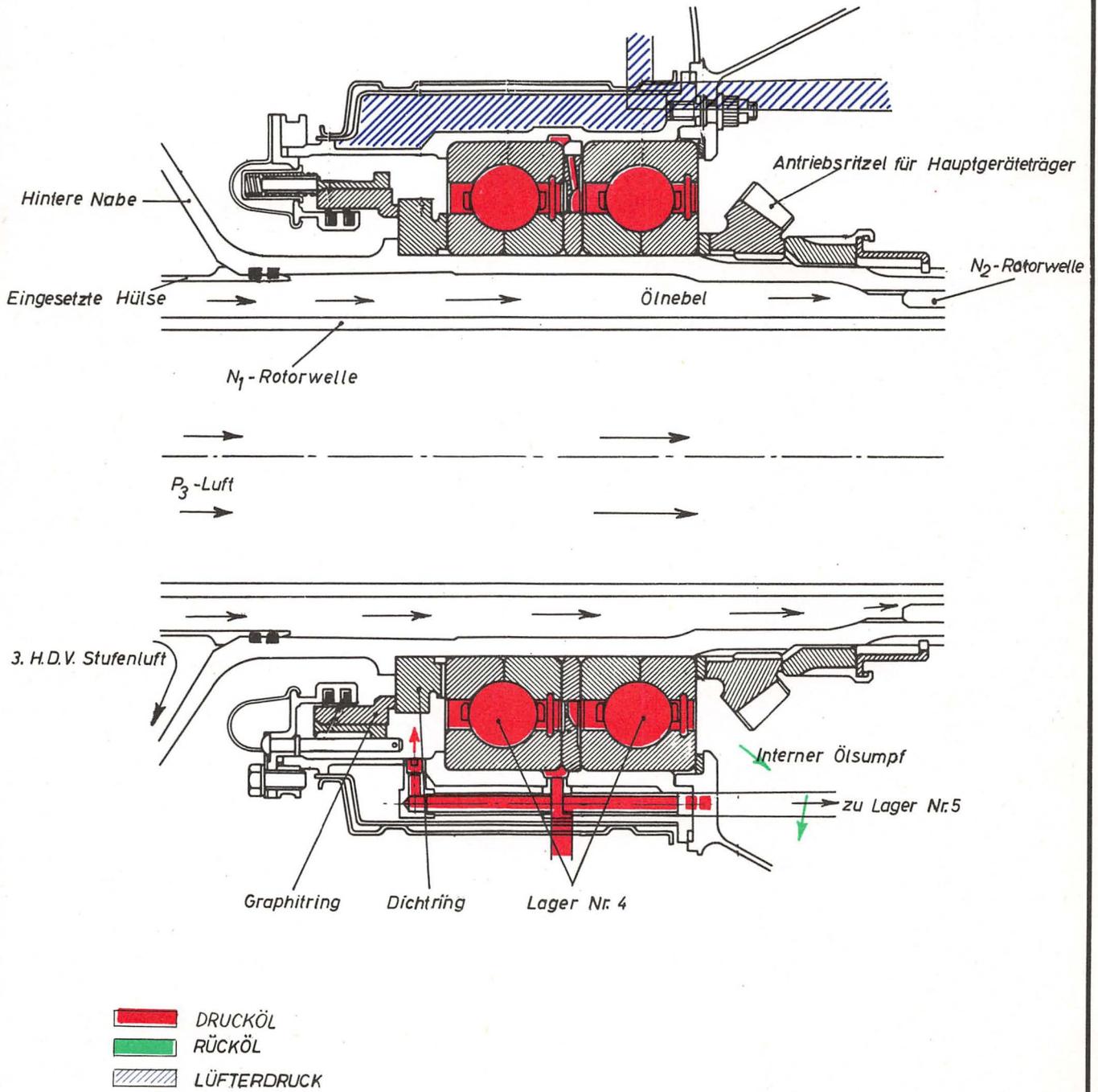
Auf den Seiten 3 - 8 sind die Abdichtungen der einzelnen Lager dargestellt.



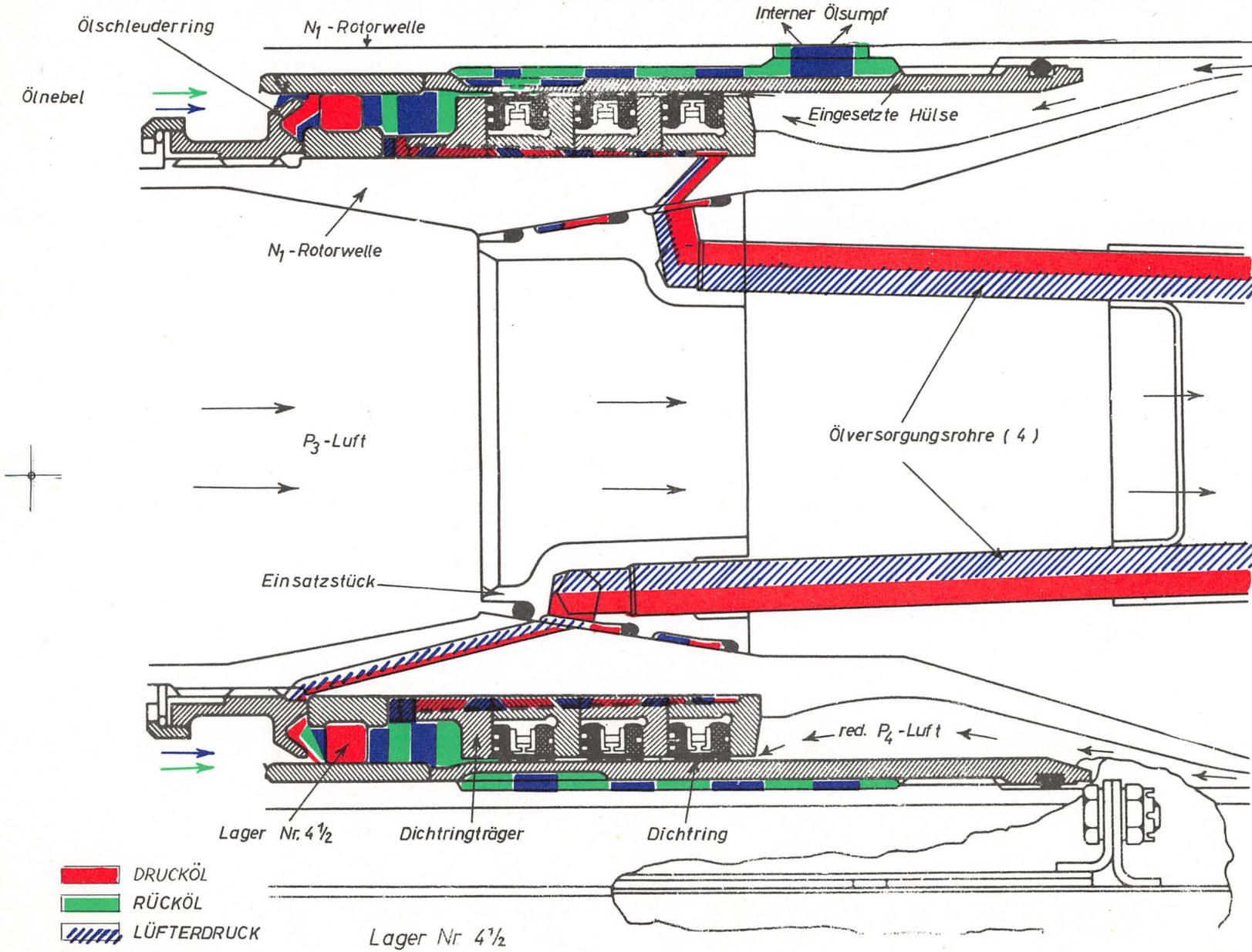


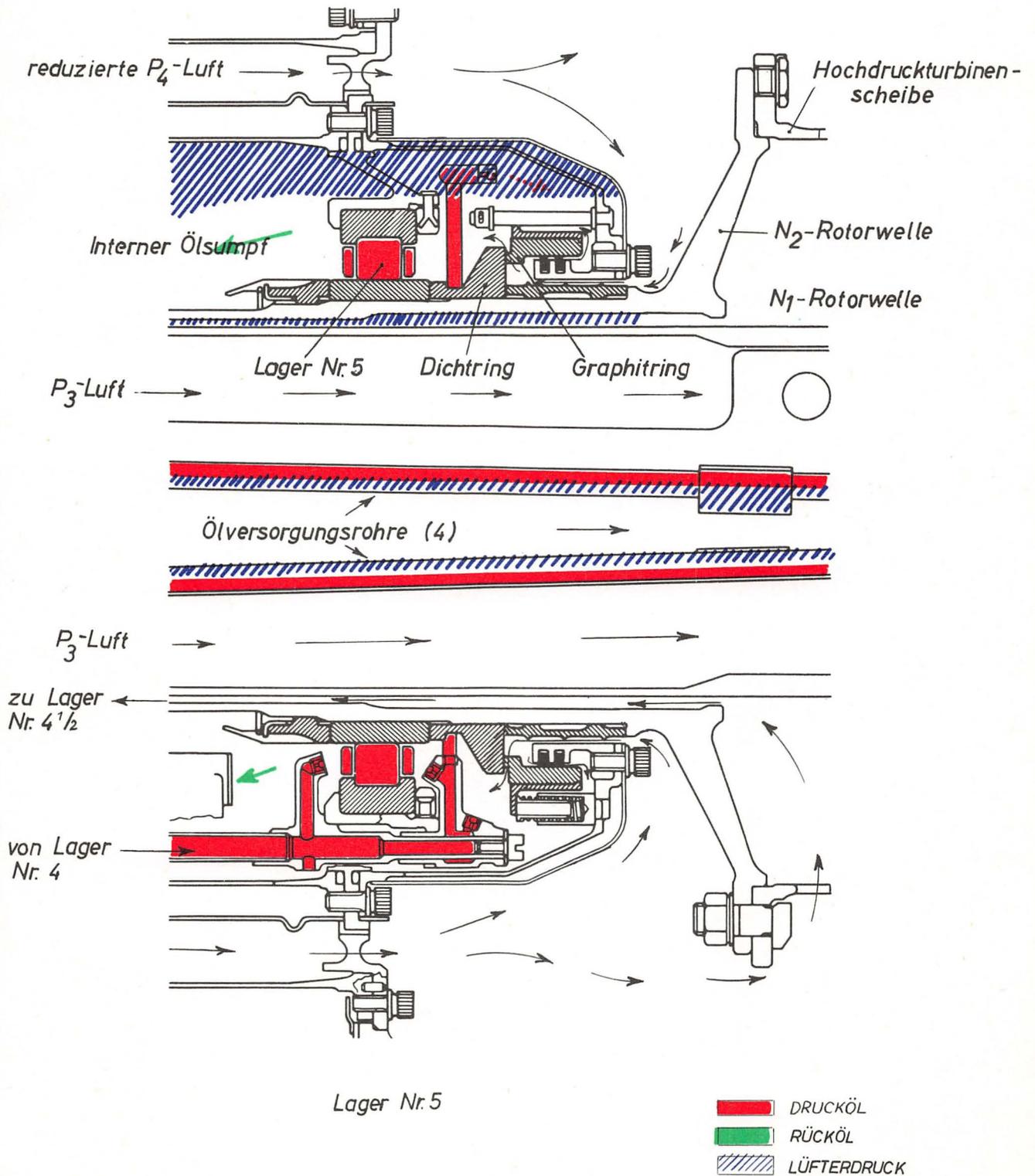


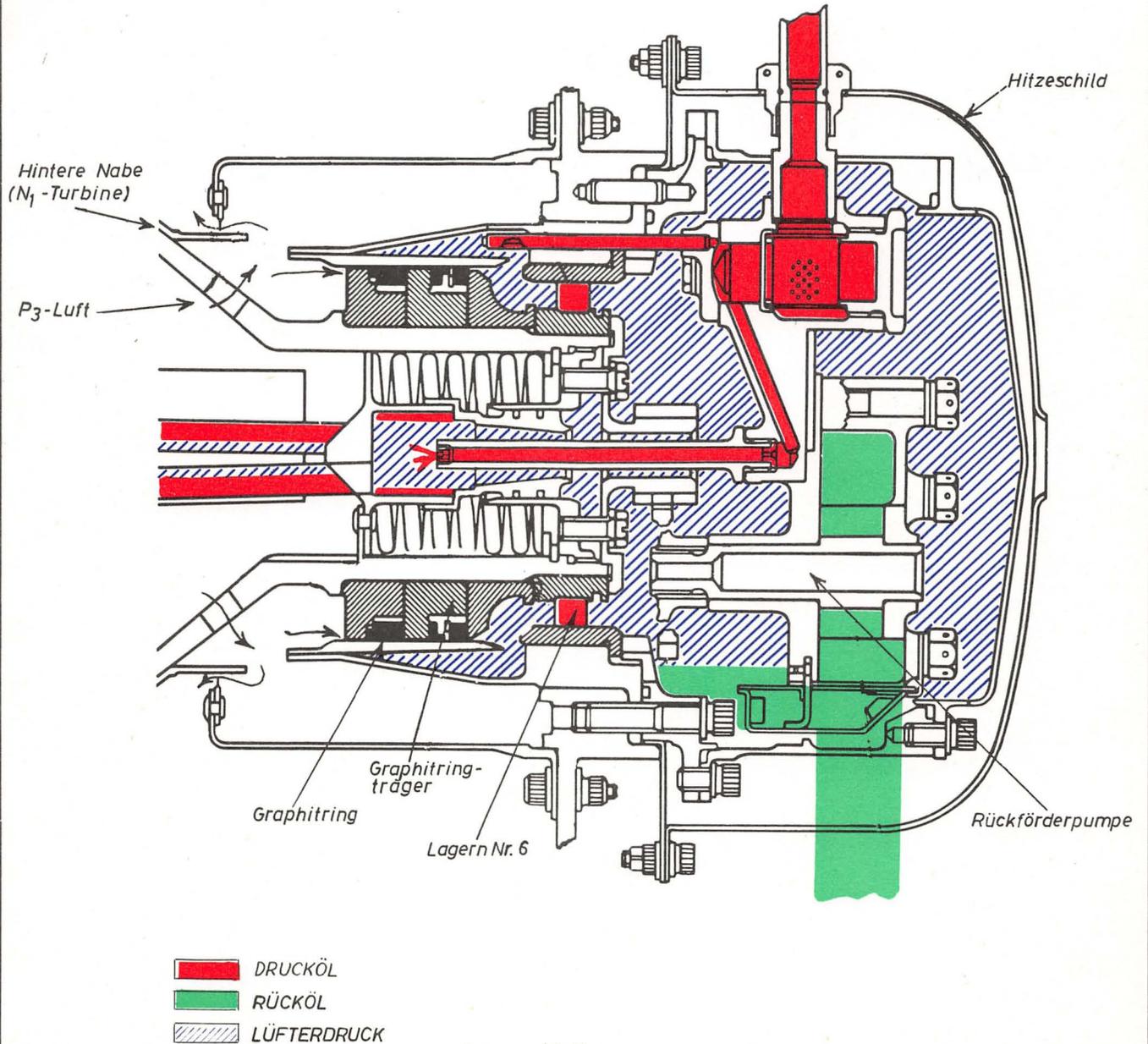
Lager Nr. 2, 2 1/2 u. 3



Lager Nr. 4







Lager Nr.6

Lufthansa

Technische Schule

Motor 707-330

Motorkraftstoffanlage

Kap. 73-1 Seite 1

Datum 8.65

Bearbeiter nek

Korrektur-Nr.

73-1 MotorkraftstoffanlageEngine fuel system1.1 AllgemeinesGeneral

Auf der Seite 2 ist die Kraftstoffanlage schematisch dargestellt. Die Aufgabe der Kraftstoffanlage ist es, dem Verbrennungssystem des Triebwerkes Kraftstoff in der richtigen Menge und dem richtigen Druck zur Verfügung zu stellen. Der Kraftstoffbedarf des Motors, der von verschiedenen Faktoren abhängig ist, wird vom Kraftstoffregler erfüllt und der Kraftstoff entsprechend bemessen. Die gesamte Kraftstoffanlage wird in zwei wesentliche Hauptteile eingeteilt.

- a) Die flugzeugseitige oder primäre Kraftstoffanlage
(Beschreibung in Kap. 28)
- b) Die triebwerksseitige oder sekundäre Kraftstoffanlage.

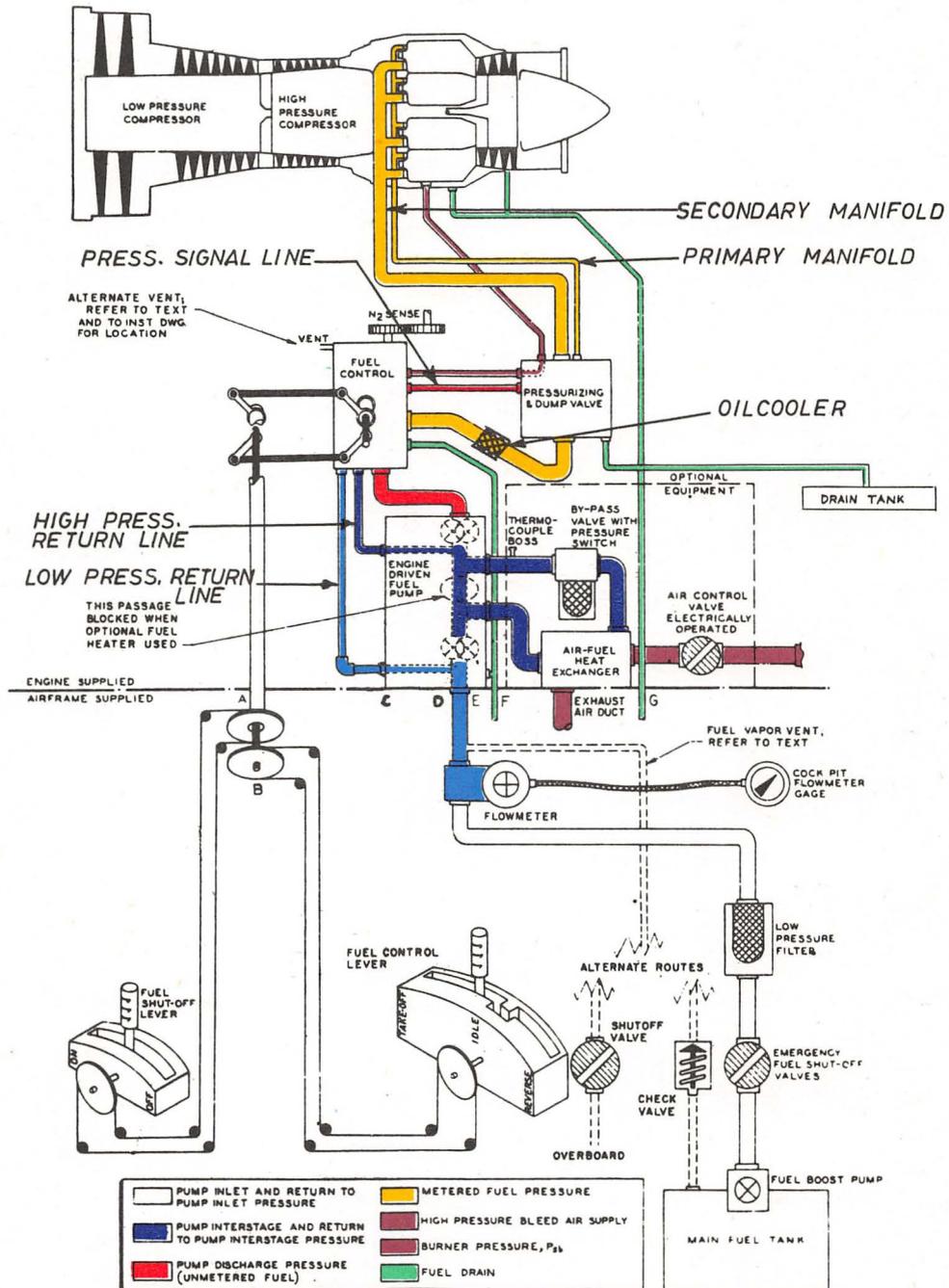
In diesem Abschnitt soll nur auf die sekundäre Kraftstoffanlage eingegangen werden.

1.2 HauptteileMainparts

Die Motorkraftstoffanlage setzt sich im wesentlichen aus folgenden Elementen zusammen.

- a) Motorkraftstoffpumpe (engine driven fuel pump)
- b) Kraftstoffvorwärmer (fuel heater)
- c) Hauptfilter (fuel filter)
- d) Kraftstoffregler (fuel control unit, FCU)
- e) Verteiler- und Ablassventil (pressurizing and dump valve. P u. D valve)
- f) Brennerringleitung (burner manifold)

Die oben angeführten Hauptteile sind auf Seite 2 in ihrer schematischen Anordnung dargestellt.



JT3D COMMERCIAL ENGINE, FUEL SYSTEM SCHEMATIC

1.3 Allgemeiner Kraftstoff-FlußGeneral fuel flow

Der allgemeine Kraftstoff-Fluß ist auf Seite 2 dargestellt. Von der primären Kraftstoffanlage wird der Kraftstoff mit Hilfe der Tankpumpen bis zur Motorkraftstoffpumpe (engine driven fuel pump) gebracht. Die erste Pumpenstufe (Zahnradpumpe) erfaßt den angelieferten Kraftstoff und fördert ihn weiter zum Kraftstoff-Vorwärmer (fuel heater). Eine Vorwärmung des Kraftstoffes erfolgt nur, wenn das Luftventil offen ist. Sobald der Kraftstoff den Vorwärmer passiert hat, gelangt er zum Kraftstoff-Filter, welches mit einem Umgehungsventil versehen ist. Das Umgehungsventil wird öffnen, sobald das Filter verstopft ist. Im Bereich des Filters ist ein Differenzdruckschalter angeordnet, der bei beginnender Filtervereisung die Eiswarnlampe einzuschalten hat. Am Ausgang des Filters ist eine Temperaturmeßstelle angebracht, mit deren Hilfe die Kraftstofftemperatur überwacht werden kann. Hat der Kraftstoff das Filter durchströmt, gelangt er zur Motorkraftstoffpumpe zurück. Er kommt zur Eingangsseite der zweiten Pumpenstufe. Die zweite Pumpenstufe bringt den Kraftstoff unter hohem Druck zum Kraftstoffregler (fuel control unit). Innerhalb des Kraftstoffreglers, wird der Kraftstoffanteil abgespalten, der dem Verbrennungssystem des Triebwerkes tatsächlich zugeführt werden soll. Der verbliebene Rest wird über die Hochdruck-Rücklaufleitung (high pressure return line) zur Eingangsseite der zweiten Pumpenstufe zurückgebracht. Der dem Verbrennungssystem zugeregelt Kraftstoff gelangt über den Ölkühler, wo er Kühlaufgaben zu erfüllen hat, zum Verteiler- und Ablassventil (pressurizing and dump valve).

Das Verteilerventil übernimmt die Aufgabe in allen Drehzahlbereichen für einen möglichst gleichbleibenden Druck vor den Brennern zu sorgen. Im unteren Drehzahlbereich strömt der Kraftstoff nur über die dünne Primärleitung (primary manifold) zu den kleinen Düsen in den Brennern. Nimmt die Drehzahl zu, dann steigt der Druck in dieser Leitung. Der Druckanstieg sorgt für das Öffnen des Verteilerventils. Der Kraftstoff wird nun zusätzlich durch die Sekundärleitung (Secondary manifold) zu den größeren Düsen der Brenner strömen. Durch die Verteilung des Kraftstoffes auf beide Brennerdüsen wird der Druck bei unterschiedlichem Kraftstoff-Fluß etwa auf dem gleichen Wert gehalten.

Die Aufgabe des Ablassventils (dump valve) besteht darin, ein Nachtropfen der Brenner während des Abstellvorganges zu verhindern. Es wird während des Abstellens geöffnet. Über das geöffnete Ventil kann der Kraftstoff, der noch in der Brennerleitung steht, in den Leck-Kraftstoff-Behälter (drain tank) abfließen. Während des normalen Betriebes wird das Ventil durch Kraftstoffdruck entgegen einer Federkraft geschlossen gehalten.

Vom Kraftstoffregler aus führt eine zweite Rücklaufleitung zur Eingangsseite der ersten Pumpenstufe. Über diese Niederdruck-Rücklaufleitung (low pressure return line) strömt Kraftstoff, der innerhalb des Kraftstoffreglers zu Regelzwecken benötigt wurde.

1.4 Motorkraftstoffpumpe

Engine driven fuel pump

Die Motorkraftstoffpumpe ist links an der Vorderseite des Hauptgeräteträgers angeflanscht. Sie ist als zweistufige Zahnradpumpe ausgebildet. Die erste Pumpenstufe wird als Verstärkerstufe (boost stage), die zweite als Hochdruckstufe (high pressure stage) bezeichnet. Beide Pumpenstufen werden von einer gemeinsamen Welle angetrieben. Die Fördermenge der Verstärkerstufe ist, bedingt durch breitere Zahnräder, größer als die Fördermenge der Hochdruckstufe.

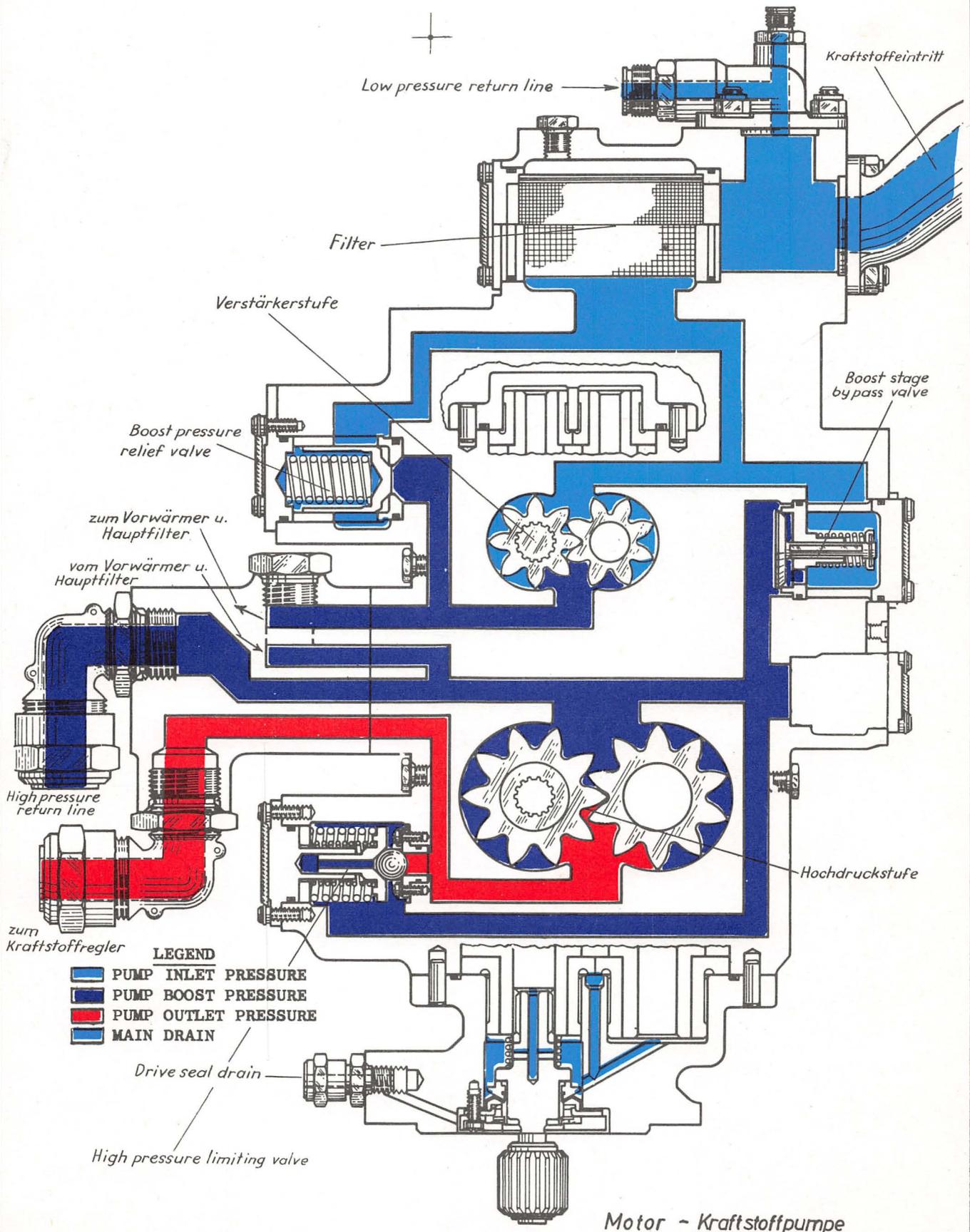
Der Kraftstoff gelangt über ein EingangsfILTER mit integralem Umgehungsventil (internal by pass valve) vor die Verstärkerstufe. Ein Überdruckventil (boost pressure relief valve) sorgt dafür, daß der Pumpenausgangsdruck um 40 psi höher als der Tankpumpendruck ist. Diese Druckerhöhung ist notwendig, um während der Kraftstoffvorwärmung eine Dampfblasenbildung zu verhindern. Der vom Vorwärmer und Filter kommende Kraftstoff erreicht die Eingangsseite der Hochdruckstufe.

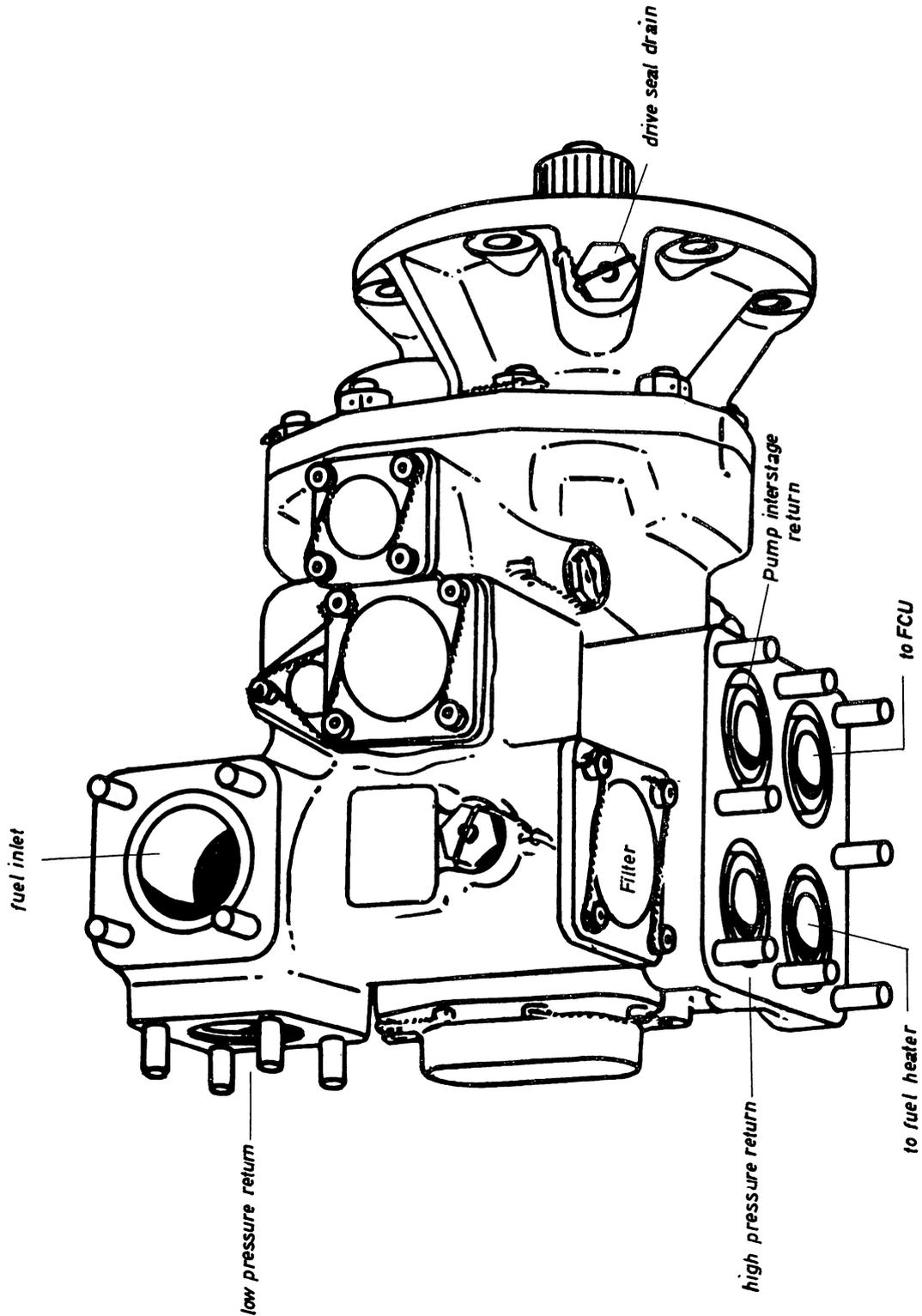
Die Hochdruckstufe drückt den Kraftstoff zum Kraftstoffregler. Ein Überdruckventil (high pressure limiting valve) zwischen Druck- und Saugseite der H.D.-Stufe sorgt dafür, daß ein Pumpenaustrittsdruck von 1050 psi auch unter extremen Betriebsbedingungen nicht überschritten werden kann.

Das Verstärkerstufen-Umgehungsventil (boost stage bypass valve) hat die Aufgabe, bei ausgefallener Verstärkerstufe den weiteren Betrieb des Motors zu ermöglichen. Ist z. B. die Verstärkerstufe durch Fressen und Abscheren ausgefallen, so wird das Umgehungsventil durch den Behälterpumpendruck (der aus diesem Grund minimum 5 psi betragen muß) aufgedrückt, so daß die H.D.-Stufe direkt mit Kraftstoff versorgt wird. Das Vorwärmersystem fällt in diesem Falle aus. Der Kraftstoff wird auch nicht mehr gefiltert.

Die Motorkraftstoffpumpe ist mit einem Antriebsdrain (drive seal drain) versehen um einen Kraftstoffeintritt in die Schmierstoffanlage zu verhindern. Ebenso wird verhindert, daß Schmierstoff in die Kraftstoffanlage gelangt.

Seite 5 zeigt die schematische Darstellung der Motorkraftstoffpumpe.





Motor Kraftstoffpumpe

Lufthansa

Technische Schule

Motor 707-330

Motorkraftstoffanlage

Kap. 73-1

Seite 7

Datum 8.65

Bearbeiter nek

Korrektur-Nr.

1.5 Verteiler- und AnlaßventilPressurizing and dump valve

Das Verteiler- und Ablassventil ist am Diffusorgehäuse, etwa 6° h, angeflanscht. Es besteht aus zwei Komponenten, die grundsätzlich verschiedene Aufgaben erfüllen. Die Seite 8 zeigt den grundsätzlichen Aufbau des Doppelventils.

1.5.1 VerteilerventilPressurizing valve

Dieses Ventil übernimmt die Aufgabe, den im Kraftstoffregler dosierten Kraftstoff in die Primär- und Sekundär-Brennerleitung zu verteilen. Im unteren Drehzahlbereich hält es die Sekundärleitung geschlossen, so daß die Einspritzung nur über die Primärleitung und -düsen erfolgt. Dies ist notwendig, um eine gute Zerstäubung des Kraftstoffes zu gewährleisten, da der Fluß sehr niedrig ist.

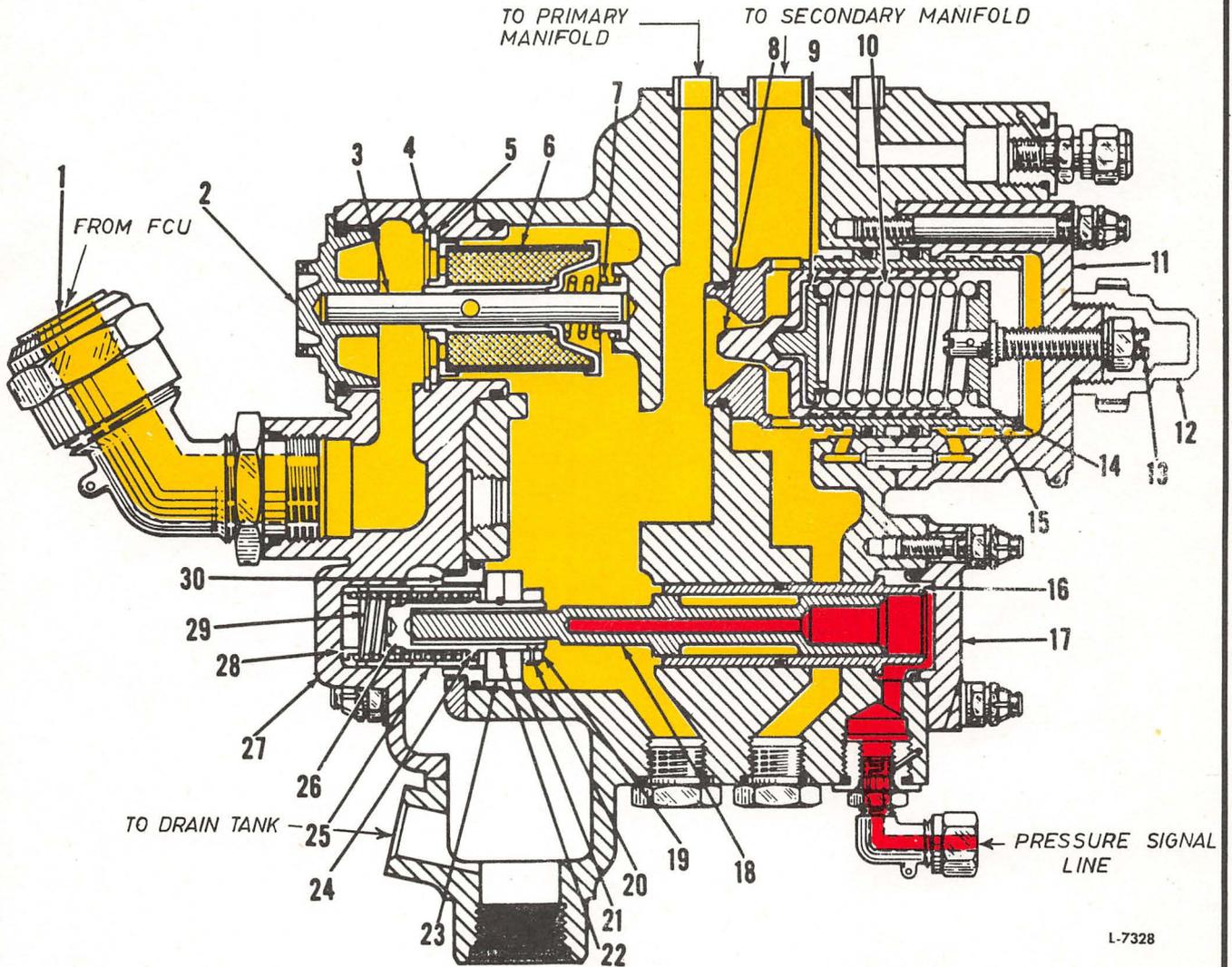
Der vom Kraftstoff-Regler bemessene Kraftstoff gelangt zunächst über ein Filter mit integralem Umgehungsventil in das eigentliche Ventilgehäuse. Vom Gehäuse aus kann er ungehindert in die Primärleitung gelangen und über die Primärdüsen zerstäubt werden.

Steigt bei höheren Drehzahlen der Kraftstoff-Fluß zum Verbrennungssystem an, so steigt auch der Druck in der Primärleitung. Überschreitet der Druck einen Wert von 250 psi, so wird er das Verteilerventil gegen eine Feder aufdrücken. Der Kraftstoff kann nun auch in die Sekundärleitung strömen und über die Sekundärdüsen zerstäubt werden. Wird der Kraftstoff-Fluß vermindert, sinkt der Druck. Die Feder schließt das Ventil und der Kraftstoff kann nur durch die Primärleitung strömen.

1.5.2 AblassventilDump valve

Das Ablassventil hat die Aufgabe, ein Nachtropfen der Brenner während des Abstellvorganges zu verhindern.

Zum Abstellen ist nur die Primärleitung in Betrieb. Sie ist an das Ablassventil angeschlossen. Solange der Motor arbeitet, wird das Ventil über einen Kolben, der durch Hochdruckkraftstoffdruck aus dem Kraftstoffregler (pressure signal line) beaufschlagt wird, geschlossen gehalten. Wird der Motor abgestellt, so schließt sich im Kraftstoffregler ein Absperrventil. Dieses Ventil unterbricht den Kraftstoff-Fluß zum Verbrennungssystem. Der Hochdruckkraftstoffdruck, der das Ablassventil geschlossen hält wird über den Regler entspannt, so daß die Feder in der Lage ist, das Ablassventil zu öffnen. Der in der Primärleitung stehende Kraftstoff wird entspannt und kann in den Leck-Kraftstoff-Behälter (drain tank) abfließen. Dieser Behälter entleert sich während des Fluges selbst.

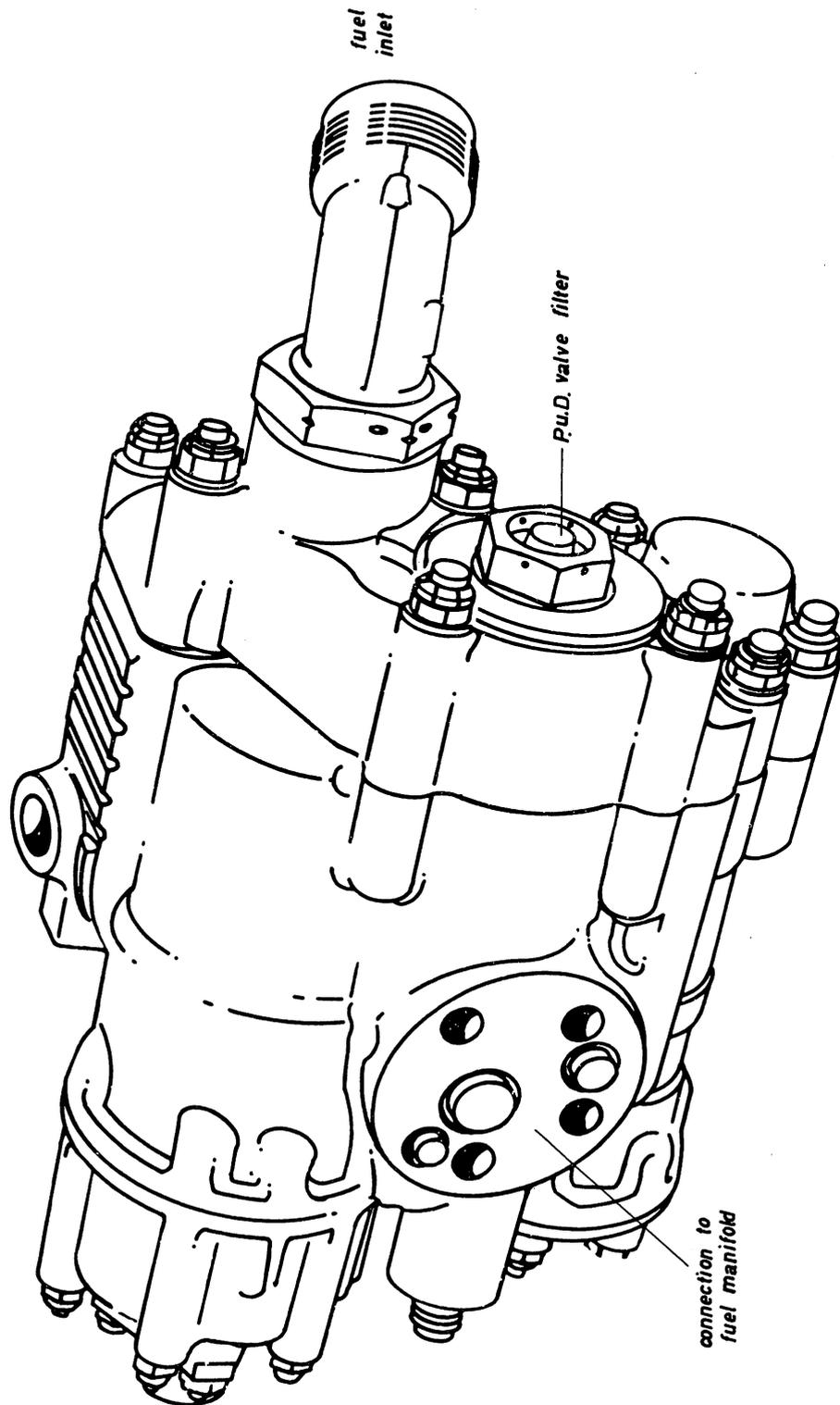


- 1. "FUEL IN" ELBOW
- 2. FUEL VALVE SCREEN CHAMBER COVER
- 3. FUEL VALVE SCREEN GUIDE TUBE
- 4. SNAPRING
- 5. WASHER
- 6. SCREEN ASSEMBLY
- 7. SPRING
- 8. PRESSURIZING VALVE
- 9. PRESSURIZING VALVE SPRING SEAT
- 10. PRESSURIZING VALVE SPRING

- 11. PRESSURIZING VALVE COVER
- 12. PRESSURIZING VALVE CAP
- 13. ADJUSTING SCREW
- 14. REGULATOR SHUTOFF PISTON SPRING SEAT
- 15. PRESSURIZING VALVE LINER
- 16. DUMP VALVE CYLINDER
- 17. DUMP VALVE COVER
- 18. DUMP VALVE PISTON
- 19. NUT

- 20. RIVET
- 21. WASHER
- 22. "O" RING SEAL
- 23. SEAL
- 24. DUMP VALVE PISTON GUIDE ASSEMBLY
- 25. SPRING GUIDE ASSEMBLY
- 26. PISTON GUIDE BODY
- 27. FUEL PRESSURIZING AND DUMP VALVE COVER
- 28. SPRING SEAT (LOWER)
- 29. DUMP VALVE SPRING
- 30. DUMP VALVE SEAT

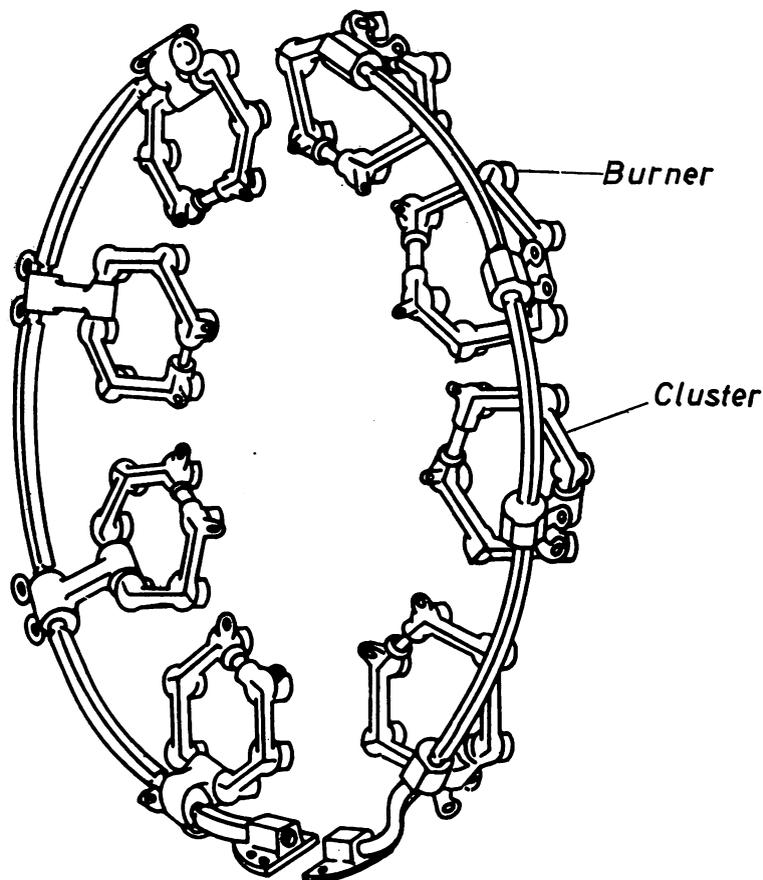
Fuel Pressurizing and Dump Valve



Fuel Pressurizing and Dump Valve
(P + D - Valve)

1.6 Brennerringleitung und BrennerBurner manifold
and burner

Die unten dargestellte Brennerringleitung ist im Inneren des Diffusorgehäuses eingebaut. Sie hat über ein Zwischenstück Verbindung mit dem Verteiler- und Ablassventil. Die gesamte Ringleitung besteht aus zwei Halbringen. Jeder der beiden Halbringe ist mit 4 Brennersätzen (Cluster) versehen. Jeder Brennersatz besitzt 6 Doppelbrenner mit Primär- und Sekundärdüse. Die Brennerringleitung ist durch einen Wärmeschutzmantel geschützt.



Connection to P. u. D. Valve
Burner manifold

COMBUSTION CHAMBER OUTER CASE

FLAME TUBE

N₁ SHAFT

N₂ SHAFT

BURNER CAN
OUTER LINER
Flammenrohr

SPARK IGNITER
Anlasszündkerze

Ps₄-Fühlerleitung
BURNER PRESSURE
SENSING LINE

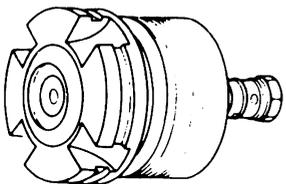
PRESSURIZING AND DUMP
VALVE ASSEMBLY

AFT VIEW

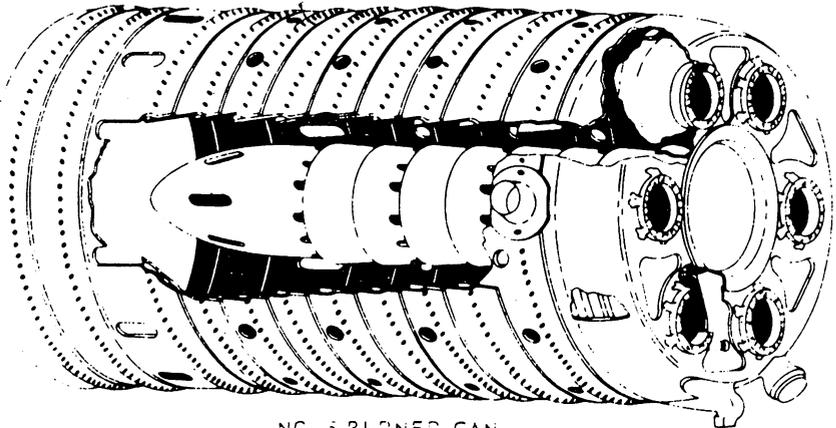
SECONDARY MANIFOLD
Hauptleitung

PRIMARY MANIFOLD
Primärleitung

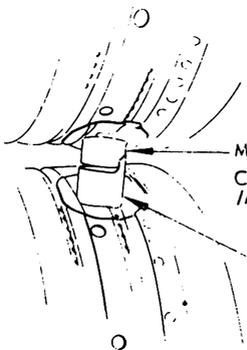
DUMP VALVE ACTUATING LINE
Dump-Valve-Betätigungsleitung



FUEL NOZZLE
Brenner



NO. 5 BURNER CAN
Flammenrohr Nr. 5



MALE BURNER
CAN (EVEN NO.)
Interconnector

FEMALE BURNER
CAN (ODD NO.)

FUEL MANIFOLD SCHEMATIC

1.7 KraftstoffreglerFuel control unit1.7.1 AllgemeinesGeneral

Der Kraftstoffregler sitzt am Hauptgeräteträger vorn rechts und wird vom H.D.-Rotorsystem angetrieben; Seite 18 zeigt den Aufbau des hydro-mechanischen Reglers. Die Aufgabe des Reglers besteht darin, den jeweiligen Kraftstoffbedarf des Motors zu erfüllen und den Kraftstofffluß dementsprechend zu bemessen. Der Regler empfängt drei Signale, die für die Dosierung des Kraftstoffflusses von Bedeutung sind.

a. Das Schubhebelsignal

Dieses wird dem Regler über das Schubhebelbediensystem übermittelt und wird benötigt, um die jeweils gewünschte Motorleistung einzustellen.

b. Das ps4 Drucksignal

Dieses wird in Flammenrohr Nr. 4 abgenommen. Es teilt dem Regler Luftdurchsatzänderungen mit und dient der entsprechenden Kraftstoffflußkorrektur. Wichtig für Beschleunigungsregelung und Höhenkorrektur.

c. Das N2-Signal

Das N2-Signal wird durch einen kleinen Governor im Fuß des Reglers, der die H.D.-Rotordrehzahl (N_2) erfüllt, erzeugt. Es dient der Begrenzung von Beschleunigungsvorgängen und T7-Temperaturkorrekturen.

Obige Signale werden im Steuerteil des Reglers (computer) verarbeitet. Über Servosysteme wirkt der Steuerteil auf den Drosselschieber, dessen Querschnitt veränderlich ist und zur Einstellung der jeweils nötigen Kraftstoffmenge dient. Die genaue Beschreibung von Regelvorgängen erfolgt in einem späteren Abschnitt.

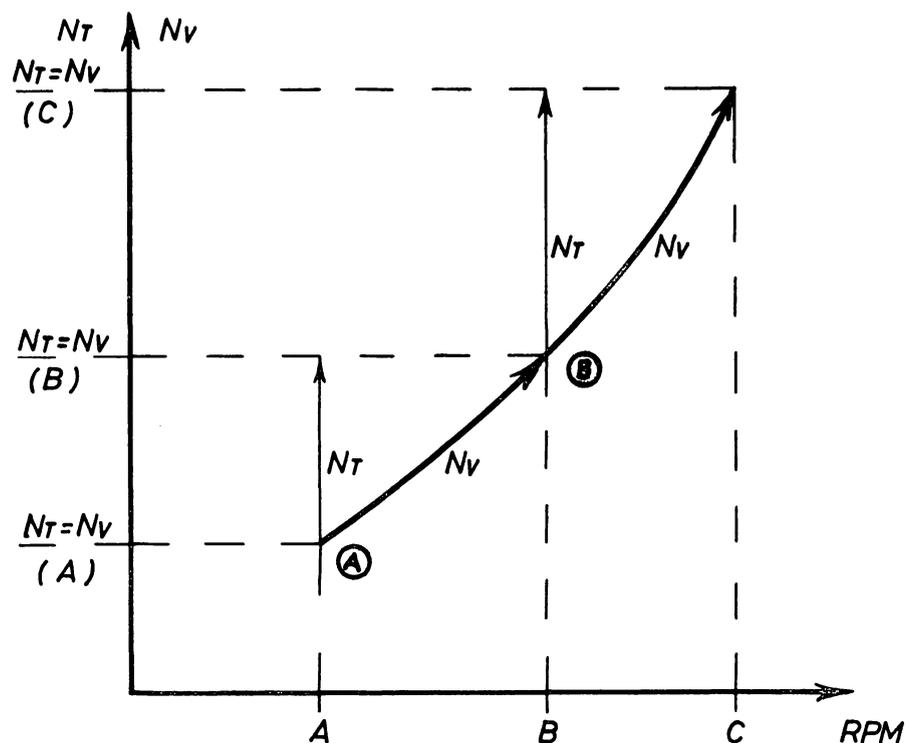
1.7.2 RegelungsgrundlagenControl fundamentals

Es soll in diesem Abschnitt kurz auf die allgemeinen Grundlagen der Kraftstoffregelung eingegangen werden, soweit sie zum Verständnis der Arbeitsweise des Kraftstoffreglers erforderlich sind.

Das Rotorsystem eines Turbinentriebwerkes dreht mit konstanter Drehzahl, wenn die Abgabelleistung der Turbine (N_m) an das Rotorsystem den gleichen Wert hat, wie die Verdichteraufnahmeleistung (N_v) aus dem Rotorsystem heraus. Dabei sollen die Verluste bei der Leistungsübertragung unberücksichtigt bleiben.

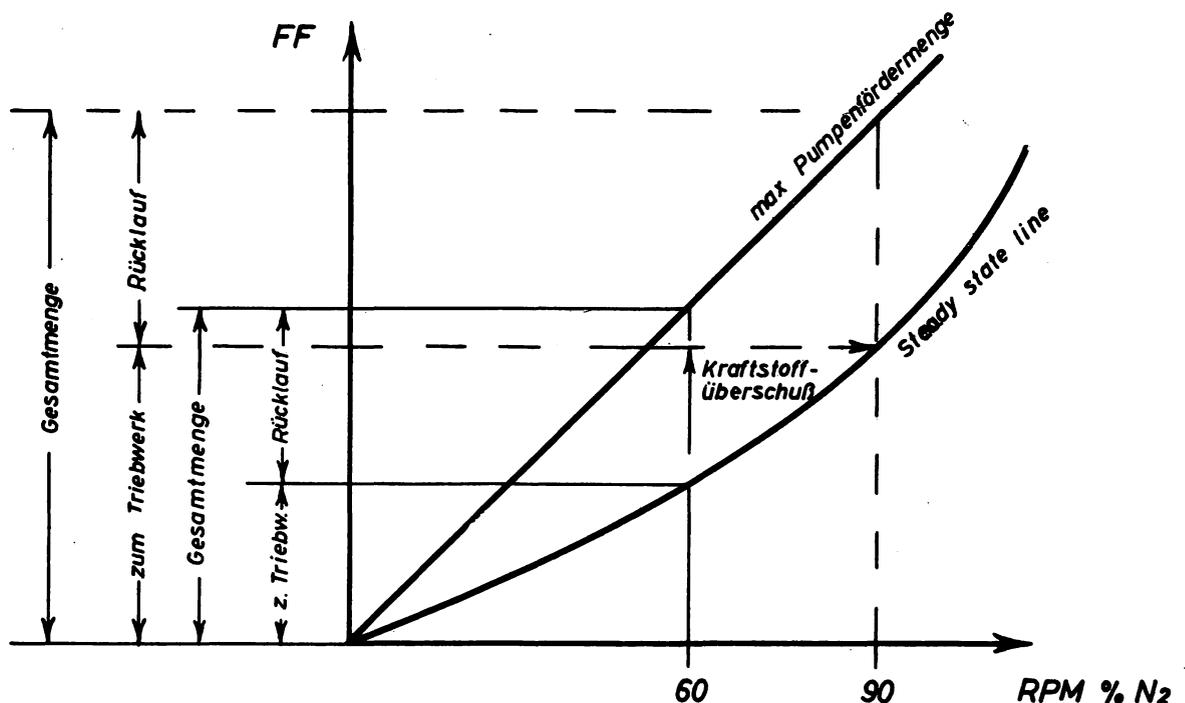
Um ein Turbinentriebwerk beschleunigen zu können, muß das Gleichgewicht zwischen Verdichteraufnahmeleistung und Turbinenabgabeleistung zu Gunsten der letzteren gestört werden. Das folgende Diagramm zeigt die Veränderungen der Gleichgewichtszustände. Aus dieser Darstellung ist ebenfalls ersichtlich, daß die Verdichteraufnahmeleistung von der Triebwerksdrehzahl, wenn äußere Einflüsse nicht berücksichtigt werden, abhängig ist. Die Turbinenabgabeleistung ändert sich mit der Kraftstoffzufuhr zu Verbrennungssystem.

Soll die Drehzahl von A auf B gebracht werden, wird durch Erhöhung der Kraftstoffzufuhr das Gemisch angereichert, wodurch die Turbinenabgabeleistung steigt. Das Gleichgewicht ist gestört; das Rotorsystem beschleunigt. Durch die Erhöhung der Drehzahl steigt die Verdichteraufnahmeleistung an. Sobald sie den gleichen Wert erreicht hat, wie die vorgewählte Turbinenabgabeleistung, ist ein neuer Gleichgewichtszustand hergestellt. Dieser neue Gleichgewichtszustand ergibt sich bei der vorgewählten Drehzahl B.



N_T = Turbinenabgabeleistung
 N_V = Verdichteraufnahmeleistung

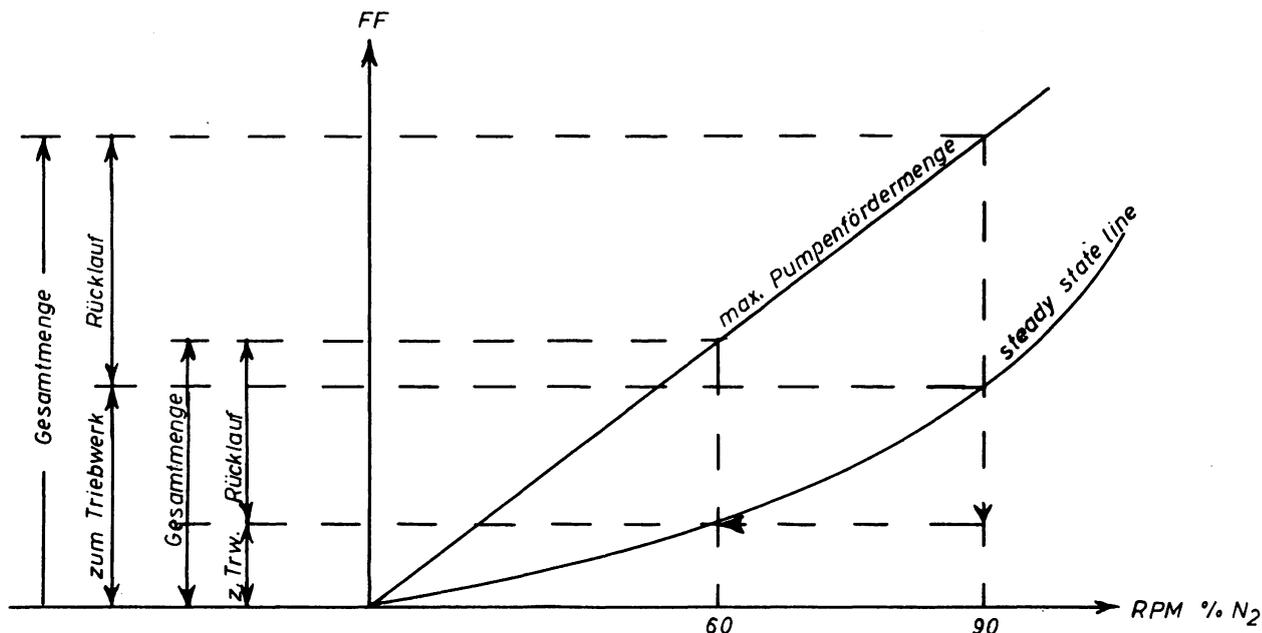
Das folgende Diagramm zeigt, wie sich der Kraftstoff-Fluß bei unterschiedlichen Drehzahlen verändert. Die Kraftstoffbedarfskurve (steady state line) gibt an, welcher Kraftstoff-Fluß für die einzelnen, im Betriebsbereich liegenden Drehzahlen, notwendig ist. Die max. Pumpenfördermenge zeigt die in den einzelnen Drehzahlbereichen gelieferte Kraftstoffmenge an.



Bei einer Drehzahl von 60 % N_2 wird eine bestimmte Gesamtmenge Kraftstoff von der Pumpe geliefert. Von dieser Menge ist aber nur ein bestimmter Anteil für das Verbrennungssystem vorgesehen. Dieser Anteil wird durch die "steady state line" bestimmt. Die Differenzmenge zwischen der angelieferten Gesamtmenge und dem Kraftstoffbedarf geht über einen Rücklauf zur Pumpe zurück. Soll nun das Triebwerk z.B. von 60 % N_2 auf 90 % N_2 gebracht werden, so ist an Hand des Diagramms folgendermaßen vorzugehen.

Es muß zunächst das Gemisch angereichert werden. Zu diesem Zweck wird der Rücklauf bei 60 % N_2 verkleinert. Dem Verbrennungssystem steht eine größere Kraftstoffmenge zur Verfügung, als zur Konstanterhaltung der Drehzahl bei 60 % N_2 notwendig wäre. Der erhöhte Kraftstoff-Fluß, der dem Triebwerk bei 60 % N_2 zugebilligt wird, bleibt bei der Vergrößerung der Triebwerksdrehzahl erhalten. Mit zunehmender Triebwerksdrehzahl steigt auch die "steady state line" an. Bei 90 % N_2 hat sie den gleichen Wert, wie das Kraftstoffangebot. An dieser Stelle ergibt sich die Übereinstimmung von Kraftstoffangebot und Kraftstoffbedarf. Der Gleichgewichtszustand ist wieder hergestellt. Der Kraftstoffüberschuß ist abgebaut.

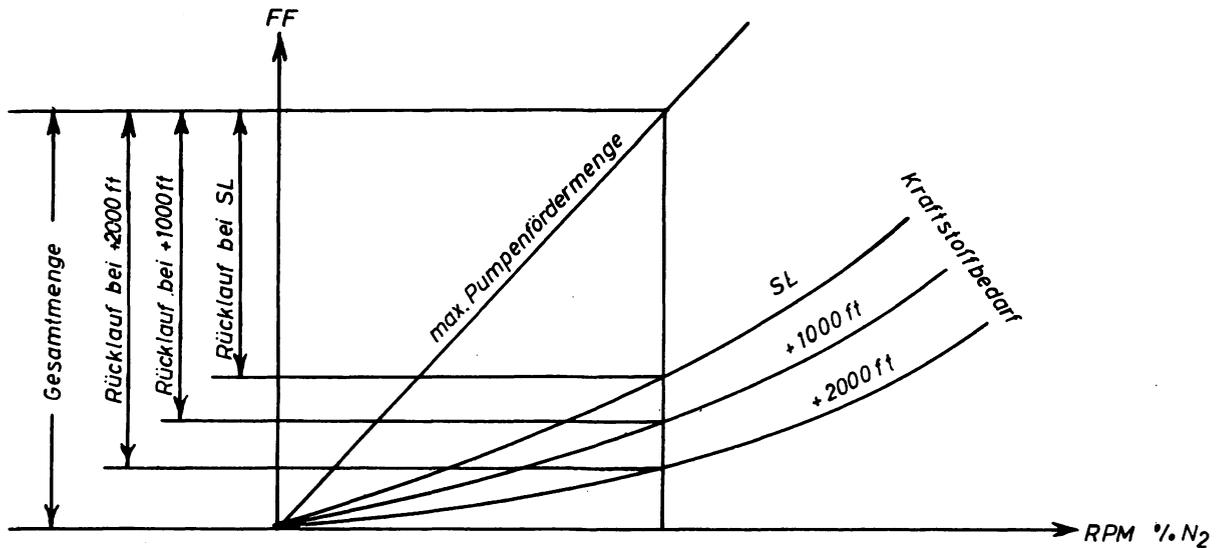
Soll das Triebwerk im umgekehrten Fall von 90 % N_2 auf 60 % verzögert werden, dann spielen sich die Vorgänge ab, die in nachstehendem Diagramm dargestellt sind.



Bei einer Drehzahl von 90 % hat sich eine bestimmte Gesamtmenge eingestellt. Von dieser angelieferten Menge wird ein ganz bestimmter Teil, der durch die "steady state line" bestimmt wird, in den Rücklauf gebracht. Um das Rotorsystem langsamer laufen zu lassen, muß die Turbinenabgabeleistung vermindert werden. Die Verminderung geschieht durch Öffnen des Rücklaufs. Der Kraftstoffbedarf ist in diesem Fall größer als das Kraftstoffangebot. Die Drehzahl wird abnehmen. Das neue, vorgewählte Kraftstoffangebot bleibt während der Verzögerung etwa konstant. Der Kraftstoffbedarf des Triebwerkes wird geringer, sobald der Kraftstoffbedarf den gleichen Wert erreicht hat, wie das neue Kraftstoffangebot, stellt sich der neue Gleichgewichtszustand, in diesem Fall bei 60 % N_2 , ein.

Die Triebwerksdrehzahl und-leistung ist auch von atmosphärischen Einflüssen abhängig. Einer der wichtigsten Einflüsse ist der Luftdruck. Vermindert sich der Luftdruck, läßt der Luftdurchsatz (Gewicht pro Zeiteinheit) nach. Mit diesem Luftdurchsatz muß, um die Temperaturen nicht übermäßig ansteigen zu lassen, auch der Kraftstofffluß zum Verbrennungssystem nachlassen. Die Kraftstoffbedarfskurve wird sich mit den verschiedenen Außenluftdrücken ändern.

Im folgenden Diagramm sind die grundsätzlichen Verhältnisse bei sich ändernden Außenluftdrücken angegeben.



Aus dem Diagramm ist ersichtlich, daß der Kraftstofffluß (FF) zum Triebwerk mit zunehmender Höhe abnehmen muß. Der Rücklauf muß dann zwangsläufig, um dieser Forderung gerecht zu werden, entsprechend zunehmen.

1.7.3 Arbeitsweise des Kraftstoffreglers

Function of fuel control unit

Aus der Fülle der Regelvorgänge sollen im Rahmen dieser Beschreibung nur einige herausgegriffen und erläutert werden.

- a) Dosierung des Kraftstoffes durch den Drosselschieber (T.V.)
- b) Hydraulische Betätigung des Drosselschiebers. (T.V.)
- c) Grundsätzlicher Beschleunigungsvorgang.
- d) Beschleunigung von Leerlauf auf Vollast.
- e) Abstellen des Motors.

Die Beschreibung der einzelnen Vorgänge soll an Hand der schematischen Reglerabbildung auf Seite 18 erfolgen.

1.7.3.1 Dosierung des Kraftstoffes durch den Drosselschieber

Fuel metering by throttle valve (T.V)

Der Kraftstoff gelangt von der H.D.-Stufe der Pumpe zum Kraftstoffregler und durchfließt zunächst ein Filter. Von dort gelangt der Kraftstoff zum "throttle valve (T.V.)" und weiter zum "minimum pressure and shut off valve", das durch den hohen Druck des dosierten Kraftstoffes offen gehalten wird, solange der niedrige Verstärkerstufendruck der Kraftstoffpumpe auf der rechten Seite des Ventils steht. Am T.V. bildet sich, bedingt durch den Durchfluß, ein Differenzdruck, der zum Betätigen des "pressure regulator valve" benutzt wird, auf das von rechts her eine 40 psi Feder wirkt.

Von der Kraftstoffpumpe wird ständig einhoher Kraftstoffüberschuß gegenüber dem Kraftstoffbedarf des Motors zur Verfügung gestellt. Von diesem Überschuß gelangt jedoch nur soviel Kraftstoff zur Einspritzung wie nötig ist, um bei Durchfließen des T.V. an diesem einen Differenzdruck von 40 psi zu erzeugen. Sowie der Differenzdruck 40 psi überschreitet, wird das "pressure regulator valve" aufgedrückt, und soviel Kraftstoff über die "high pressure return line" auf die Saugseite der Hochdruckstufe der Motorkraftstoffpumpe zurückgegeben wie nötig ist, um ein Überschreiten des 40 psi Differenzdruckes am T.V. zu verhindern.

- a) Aufziehen des Drosselschiebers Open the throttle valve

Wird das T.V. nach links geschoben und somit sein Durchtrittsquerschnitt vergrößert, sinkt der 40 psi Differenzdruck zunächst ab. Dadurch wird das Gleichgewicht der Kräfte am "pressure regulator valve" (40 psi Differenzdruck = 40 psi Federspannung) gestört, so daß dieses nach links wandert und seinen Durchtrittsquerschnitt verkleinert.

Es muß jetzt mehr Kraftstoff als bisher über T.V. fließen, wodurch der Differenzdruck wieder zum Ansteigen gebracht wird. Das "pressure regulator valve" verkleinert solange seinen Durchtrittsquerschnitt, bis es wieder ins Gleichgewicht kommt, und das ist der Fall, wenn sich am T.V. wieder ein Differenzdruck von 40 psi ergeben hat. Das Aufziehen des Drosselschiebers hat also eine Vergrößerung des zur Einspritzung gelangenden Kraftstoffflusses nach sich gezogen.

- b) Zuziehen des Drosselschiebers Closing the throttle valve

Beim Zuschieben des T.V. spielen sich die genau umgekehrten Vorgänge wie unter a) beschrieben, ab. Verkleinern des T.V.-Durchtrittsquerschnitt bringt zunächst den Differenzdruck am T.V. zum Ansteigen über 40 psi. Dadurch kommt das "pressure regulator valve" aus dem Gleichgewicht und wird nach rechts gedrückt (Differenzdruck größer als Federkraft. Sein Durchtrittsquerschnitt wird vergrößert, so daß eine größere Kraftstoffmenge als bisher zur Motorkraftstoffpumpe zurückgelangen kann. Der Durchfluß durch den Drosselschieber sinkt und damit auch der Differenzdruck. Die Anlage stabilisiert sich wieder dann, wenn das "pressure regulator valve" wieder ins Gleichgewicht kommt, was dann der Fall ist, wenn der Differenzdruck am T.V. wieder 40 psi beträgt. Das Zuschieben des T.V. bewirkt also ein Reduzieren des zur Einspritzung gelangenden Kraftstoffflusses.

Durch die Bewegung des "pressure regulator valves" wird die 40 psi Feder ständig gelängt oder gekürzt. Dadurch kommt es zu Änderungen der Federspannung unter bzw. über 40 psi und somit auch zu Differenzdruckänderungen am T.V. und Kraftstoffflußänderungen. Um diesen ständigen Wechsel zu unterbinden, ist die Feder rechts gegen einen Kolben abgestützt, der durch den "pressure regulator servo sensor" gesteuert wird. Dieses Gerät bewirkt, daß der Kolben immer die gleiche Bewegung durchführt wie das "pressure regulator valve". Die Einspannlänge der Feder bleibt somit immer konstant und somit auch Federspannung und Differenzdruck am T.V.

1.7.3.2 Hydraulische Betätigung des Drosselschiebers

Der Drosselschieber wird hydraulisch durch ein Servo-System betätigt. Dieses besteht aus einem Zylinder, einem Servokolben, der das T.V. führt, und einem Servodruckregelventil (mult. lever). Auf dem Servokolben wirken von links nach rechts folgende Kräfte:

1. H.D.-Kraftstoffdruck (rot)
2. Behälterpumpendruck (hellblau)
3. eine Feder, die sich links gegen das Servodruckregelventil abstützt.

Von rechts nach links wirkt der Servodruck auf den Kolben. Der Servodruck entsteht durch Entspannen von H.D.-Kraftstoffdruck über eine veränderliche und eine im Querschnitt feste Drossel (orifice). Die Stärke der Entspannung bestimmt das Servodruckregelventil (mult. lever).

Auf das Servodruckregelventil wirkt außer der Servokolbenfeder von links nach rechts noch eine Kraft, die aus folgenden Komponenten zusammengesetzt sind:

1. ps4-Dosenkraft.
2. "power-lever"-Betätigung.
3. Steuerkräfte des "Governors".

Die Summe dieser Kräfte möge zunächst "Kraft X" genannt werden. Sie wird durch ein Rollenpaar auf das Servodruckregelventil übertragen.

Wenn Gleichgewicht der Kräfte am Servodruckregelventil herrscht, d.h., Federkraft (\leftarrow) und Kraft X (\rightarrow) einander gleich sind, ist es gerade soweit geöffnet, daß ein Servodruck entsteht, der dem Servokolben gerade das Gleichgewicht gegenüber den von links wirkenden Kräften zu halten vermag. Diese Stellung des Servodruckregelventils heißt "regelempfindliche Stellung". Wird sie verändert, steigt oder sinkt der Servodruck, der Servokolben kommt aus dem Gleichgewicht und schiebt den Drosselschieber (T.V.) auf oder zu.

- a) Aufschieben des Drosselschiebers Opening the throttle valve

Durch Vergrößern der Kraft X (über die Federspannung) wird das Servodruckregelventil aus der regelempfindlichen Stellung gebracht. Es geht weiter zu und bewirkt ein Ansteigen des Servodruckes. Dadurch kommt der Servokolben aus dem Gleichgewicht und beginnt, nach links wandernd, das T.V. weiter aufzuziehen. Je weiter der Servokolben nach links wandert, desto mehr wird die Feder zwischen Servokolben und Servodruckregelventil vorgespannt. Wenn sie den gleichen Wert erreicht, auf den vorher die Kraft X gebracht wurde, kehrt das Servodruckregelventil in die regelempfindliche Stellung zurück, der Servokolben kommt wieder ins Gleichgewicht und der Öffnungsvorgang des T.V. ist beendet. Die Vergrößerung des Kraftstoffflusses, dieman durch Aufschieben des T.V. erreichen wollte, geht nach 1.7.3.1 a) vor sich.

- b) Zuschieben des Drosselschiebers Closing the throttle valve

Durch Verkleinern der Kraft X (unter die Federspannung) wird das Servodruckregelventil aus der regelempfindlichen Stellung gebracht. Es geht weiter auf und bewirkt ein Absinken des Servodruckes. Dadurch kommt der Servokolben aus dem Gleichgewicht und beginnt, nach rechts wandernd, das T.V. weiter zuzuschieben. Je weiter der Servokolben nach rechts wandert, desto mehr wird die Feder zwischen Servokolben und Servodruckregelventil entspannt. Wenn sie den gleichen Wert erreicht hat, auf den vorher die Kraft X gebracht wurde, kehrt das Servodruckregelventil in die regelempfindliche Stellung zurück, der Servokolben und der Schließvorgang des T.V. ist beendet. Die Verringerung des Kraftstoff-Flusses geht nach 1.7.3.1 b) vor sich.

- 1.7.3.3 Grundsätzlicher Beschleunigungsvorgang Fundamental speed process

Wie in den allgemeinen Regelungsgrundlagen schon beschreiben, ist es zum Beschleunigungsvorgang notwendig, den Kraftstoff-Fluß zum Triebwerk zu vergrößern. Die Vergrößerung wird durch Verkleinern des Rücklaufes vorgenommen.

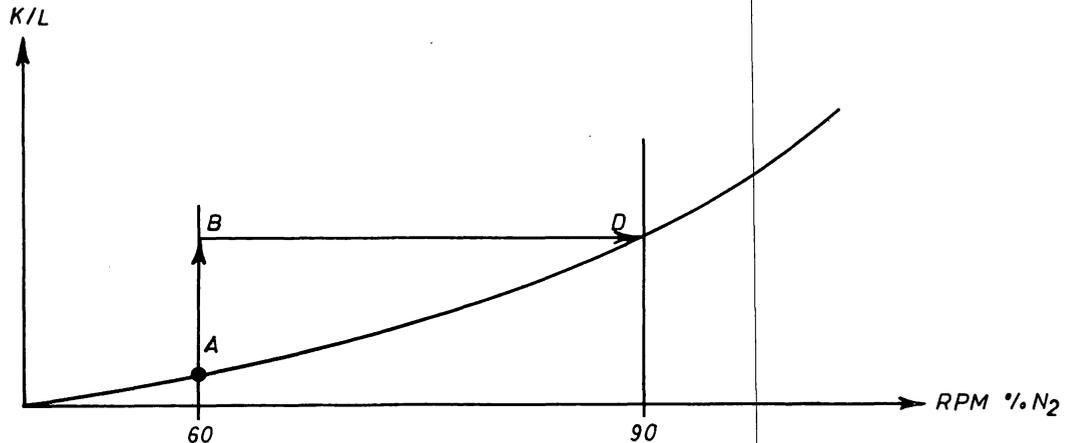
Im Regler (Seite 18) spielen sich folgende Vorgänge zu obigem Beschleunigungsvorgang ab:

Der im Cockpit auf dem Triebwerksbedienpult angebrachte Schubhebel (Thrust lever) wirkt über ein Kabel- und Gestängesystem (siehe Beschreibung "Triebwerksanlagen") auf den "power lever" des Reglers. Dieser betätigt über eine Welle den "speed set cam", der im Leerlauf genau senkrecht steht ("speed set lever" auf höchster Erhebung des "speed set cam").

Wird der Schubhebel im Cockpit vorgeschoben, so wird der "speed set cam" über den "power lever" in die Bildebene hineingeschwenkt. Der "speed set lever" folgt der Nockenkontur und dreht links herum. (Der "speed set lever" ist zweiteilig ausgeführt, um über die "idle trim-" und "max trim"-Einstellschrauben unabhängig von der "power lever"-Stellung das Gemisch verändern zu können.) Der Bewegung des "speed set lever" folgt der "droop lever". Er ist mit seinem rechten Ende in der Schubstange des "speed sensing servo" gelagert und schwenkt ebenfalls links herum. Da er mit einem in linken Ende befestigten Stift in das Langloch des "droop cam" eingreift, dreht dieser rechts herum. Dem "droop cam" folgt der "droop cam follower". Er dreht links herum. Der letzte Hebel im System ist der "ratio lever". Er ist am linken Ende gelagert und wird durch eine Feder auf den "droop cam follower" gedrückt. Er schwenkt rechts herum und zieht das zwischen "burner pressure (ps4) output lever" und Servodruckregelventil (mult. lever) angeordnete Rollenpaar nach unten. Dadurch wird die Hebellänge mit der die ps4-Dosenkraft am Arm des Servodruckregelventils angreift, verlängert, was einer Vergrößerung der Kraft X gleichkommt. Der Drosselschieber (T.V.) wird also aufgeschoben, bis die Feder zwischen Servokolben des Drosselschiebers und Servodruckregelventil der neuen Kraft X das Gleichgewicht zu halten vermag.

Jetzt beginnt der Motor zu beschleunigen. Sowie die Drehzahl steigt, steigt auch der Luftdurchsatz. Soll das Gemisch während des Beschleunigungsvorganges konstant bleiben, muß jetzt auch der Kraftstofffluß weiter steigen. Über den ebenfalls mit der Drehzahl steigenden ps4-Druck wird dem Regler die Luftdurchsatzzunahme mitgeteilt. Die ps4-Dosenkraft steigt, was einer weiteren Vergrößerung der Kraft X entspricht. Das T.V. wird also weiter aufgezogen und der Kraftstofffluß proportional zur Luft-Durchsatzzunahme vergrößert.

Der eben beschriebene Beschleunigungsvorgang soll in folgendem Diagramm zusammengefaßt werden.



A = Konstante Drehzahl $60\% N_2$

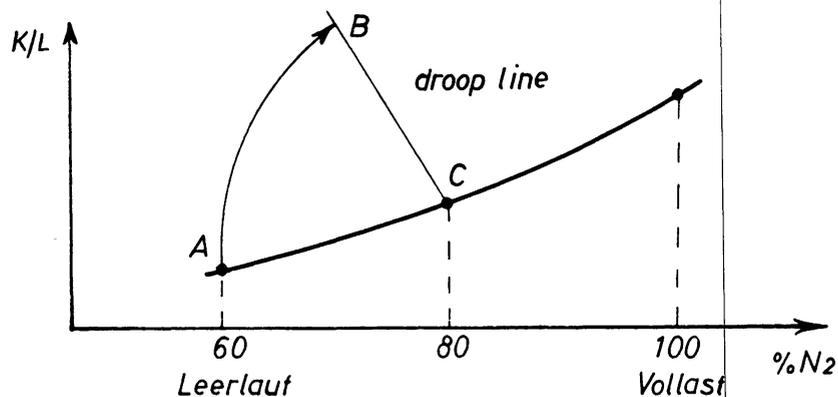
AB = Anreichern des Kraftstoff-Luftgemisches (K/L)

BD = Konstantes Gemisch während der Beschleunigung.

D = Konstante Drehzahl $90\% N_2$

1.7.3.4 Beschleunigungsvorgang von Leerlauf auf Vollast

Der im vorigen Abschnitt erläuterte Beschleunigungsvorgang hat den Nachteil, daß der Kraftstoffüberschuß und damit auch das Beschleunigungsvermögen immer geringer werden, je mehr man sich der angestrebten Drehzahl nähert. Der Beschleunigungsvorgang wird darum etwas abgewandelt. Dazu folgendes Diagramm:



Der Motor soll wieder, wie im vorigen Beispiel, von 60% auf 90% N2 beschleunigt werden.

Das Gemisch des im Leerlauf laufenden Motors wird weit über den Bedarf bei 90% N2 von A auf B erhöht. Der Anstieg von A auf B erfolgt nicht senkrecht, da der Motor schon zu beschleunigen beginnt, während der Schubhebel noch geschoben wird. Auf grund des hohen Kraftstoffüberschusses beginnt der Motor lebhaft zu beschleunigen. Damit die gewünschte Drehzahl von 90% N2 nicht überschritten wird, muß das Gemisch rechtzeitig von "B" auf "C" gebracht werden. Das geschieht durch Wirkung des Governor entlang, einer sogenannten "droop line".

- a) Der Governor besteht aus einem Fliehwichtpaar, das durch N2 angetrieben wird und einem Steuerschieber (pilot valve), auf den eine Feder und das Fliehwichtpaar wirken. Der durch den Steuerschieber dosierte Kraftstoffdruck betätigt einen Servokolben. Dieser kann über den "feed back lever" die Steuerschieberfeder vor- oder entspannen. Außerdem betätigt er über eine Zahnstange ein Ritzel mit einem Nocken (acceleration limiting cam), die beide drehbar auf der "power lever"-Welle angeordnet sind, und verschiebt den Drehpunkt des "droop lever" nach oben oder unten.

Der Governor kommt für jede Drehzahl in einen Gleichgewichtszustand, d.h. in einen Zustand, bei dem die von unten auf den Steuerschieber wirkenden Fliehkräfte der Fliehwichte und die von oben wirkende Federkraft einander gleich groß sind. In der dazu gehörenden Stellung ist der durch den Steuerschieber dosierte Servodruck (lila) gerade so groß, daß er dem Servokolben, an der großen Fläche wirkend, gegenüber dem an der kleineren Ringfläche wirkenden H.D.-Kraftstoffdruck (rot) das Gleichgewicht zu halten vermag.

Erhöht man aus einem Gleichgewichtszustand heraus die Drehzahl, so überwiegen die Fliehkräfte zunächst der Federspannung und der Steuerschieber wird angehoben. Dadurch sinkt der Servodruck und das Gleichgewicht am Servokolben wird gestört. Er bewegt sich nach unten, wodurch der "acceleration limiting cam" gedreht und der Drehpunkt des "droop lever" versetzt wird, bis über den "feed back lever" die Steuerschieberfeder so weit vorgespannt ist, daß sie den vorher größer gewordenen Fliehkräften wieder das Gleichgewicht zu halten vermag.

b) Beschleunigung von Leerlauf (60%) auf 90 % N2

Dieser Vorgang wurde bereits weiter oben an Hand des Diagramms erörtert. Hier sollen die Vorgänge im Regler beleuchtet werden.

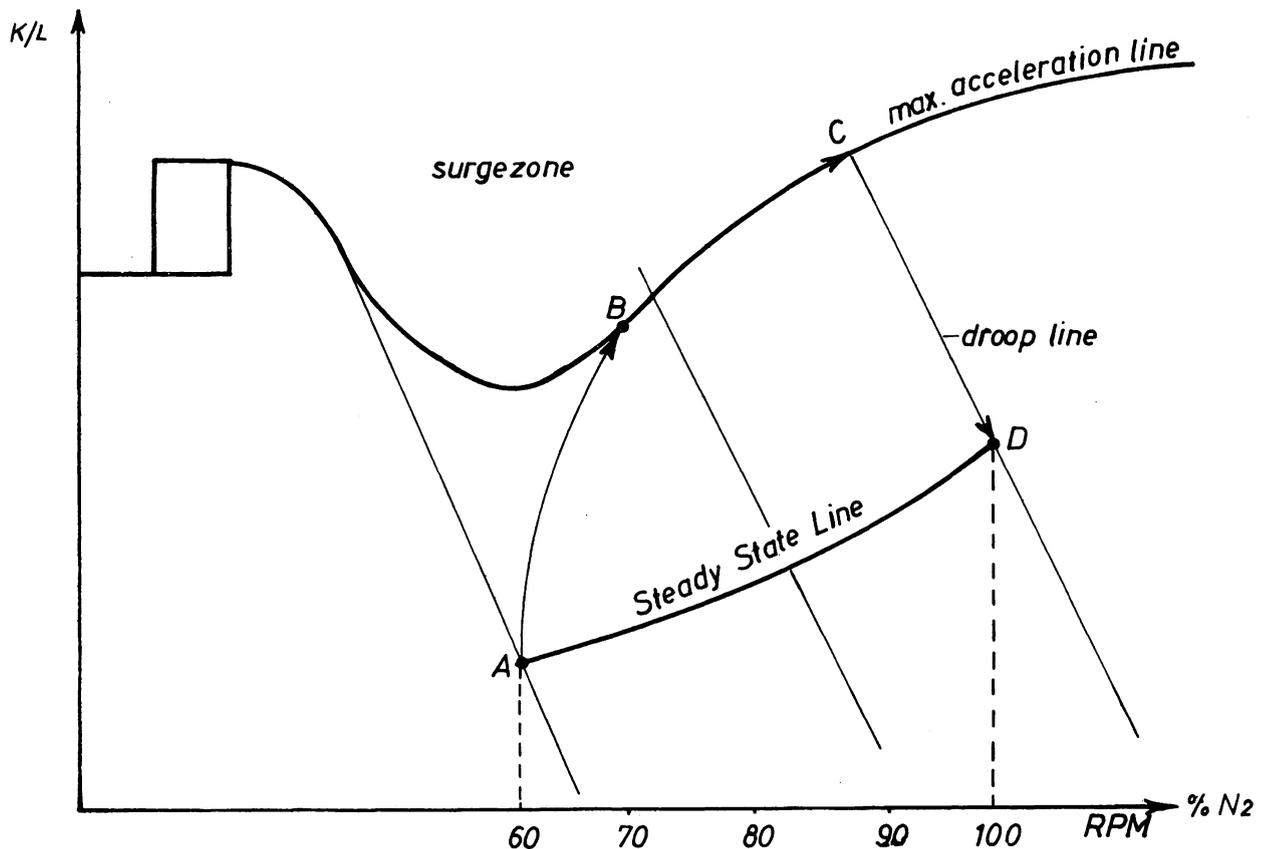
Durch Verschieben des Schubhebels im Cockpit wird über den "power lever", den "speed set cam" und das Hebelsystem das Gemisch von "A" auf "B" angereichert, wie bereits unter 1.7.3.3 beschrieben. Durch den hohen Kraftstoffüberschuß beginnt das Triebwerk zu beschleunigen. Dadurch kommt der Governor aus seinem Gleichgewichtszustand. Die Fliehgewichte heben den Steuerschieber an. Der Servodruck wird zum Abfall gebracht und der Servokolben bewegt sich nach unten. Das hat zur Folge, daß

1. über den "feed back lever" die Steuerschieberfeder vorgespannt wird. Der Steuerschieber wird mit zunehmender Drehzahl also nicht immer höher gehoben, sondern verharrt, bedingt durch die Federspannungszunahme, in leicht angehobenem Zustand.
2. der bisherige Drehpunkt des "droop lever" nach unten versetzt wird. Dadurch schwenkt der "droop lever" um den Auflagepunkt am zweiteiligen "speed set lever" rechts herum. Das hat zur Folge, daß der "droop cam" links herum dreht und über den "droop cam follower" den "ratio lever" anhebt. Dieser schiebt das Rollenpaar zwischen "burner pressure output lever" und Servodruckregelventil des T.V.-System wieder etwas nach oben und bewirkt ein Ärmwerden des K/L-Gemisches längs der "droop line" im Diagramm. Die Drehzahl steigt jedoch noch so lange weiter, bis die "droop line" mit der "steady state line" in "C" zum Schnitt kommt, bis also ein auf der "steady state line" liegendes Gemisch vorliegt und damit die Bedingung für konstante Drehzahl erfüllt ist.

Sowie kein Drehzahlanstieg mehr erfolgt, kommt der Steuerschieber des Governor wieder ins Gleichgewicht. Der Servodruck wird weiter auf den Wert aufgebaut, der nötig ist, den Servokolben im Gleichgewicht zu halten. Es erfolgt kein Versetzen des rechten "droop lever"-Endes mehr und das vorhandene K/L-Gemisch bleibt konstant.

c) Beschleunigungsvorgang von Leerlauf auf Vollast

Beim raschen Beschleunigen von Leerlauf auf Vollast spielt der "acceleration limiting cam" eine wichtige Rolle. Er betätigt den "max. ratio stop" und verhindert durch Begrenzung des Kraftstoffüberschusses Pumpscheinungen des Verdichters (surge condition) während des Beschleunigungsvorganges.



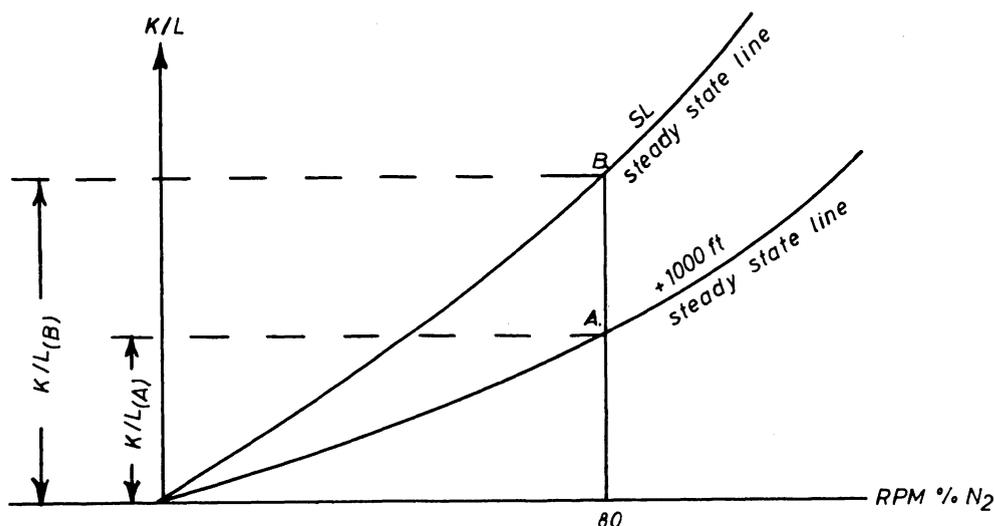
Das Diagramm zeigt den Beschleunigungsverlauf. Das Gemisch des im Leerlauf laufenden Motors wird zunächst durch Verschieben des Schubhebels von "A" auf "B" angereichert. Das Gemisch "B" kommt durch Anliegen des Rollenpaarträgers am "max. ratio stop" zustande. Durch den Kraftstoffüberschuß beginnt der Motor zu beschleunigen. Über den Governor wird der "acceleration limiting cam" gedreht und bewirkt ein Herabsinken des "max. ratio stop". Mit zunehmender Drehzahl wird also das K/L reicher und folgt der "max. acceleration line", so daß die Beschleunigung gesteigert wird. Vom Punkt "C" an wird dann durch Absenken des rechten "droop lever"-Endes durch den "speed sensing servo" des Governors das Rollenpaar wieder angehoben und das Gemisch auf der "droop line" CD verarmt, bis es zum Schnitt mit der "steady state line" kommt, sich die Drehzahl auf Vollast stabilisiert.

1.7.3.5 HöhenkorrekturAltitude correction

Die Höhenkorrektur ist erforderlich, um den Kraftstofffluß an den Luftdurchsatz anzupassen. Sinkt im Steigflug der Luftdurchsatz, so muß auch der Kraftstofffluß abnehmen, und zwar so, daß das Kraftstoff-Luft (K/L)-Mischungsverhältnis konstant bleibt. Andernfalls wird das Gemisch zu kraftstoffreich, was zu hohe Turbinengästtemperaturen und Überdrehzahlen zur Folge hat.

Über den Druck ps_4 , der im Flammenrohr 4 abgenommen wird und dem Luftdurchsatz proportional ist, wird dem Regler jede Luftdrucksatzänderung mitgeteilt, ps_4 gelangt in eine Dose, deren Expansionskraft über den "burner pressure output" und ein Rollenpaar auf das Servodruckregelventil des Drosselschiebers wirkt. Die ps_4 Dosen-Expansionskraft ist eine Komponente der schon erläuterten Kraft X und hat somit Einfluß auf die Stellung des Drosselschiebers.

Sinkt im Steigflug der Luftdurchsatz, was dem Regler über die entsprechende ps_4 Druckabnahme mitgeteilt wird, so wird durch die ebenfalls sinkende Dosenexpansionskraft die Kraft X verkleinert. Das T.V. geht weiter zu, bis die Feder zwischen Servokolben und Servodruckregelventil sich um den gleichen Betrag entspannt hat, um den vorher die Dosenexpansion geringer geworden ist. Der Kraftstofffluß sinkt und paßt sich dem geringer gewordenen Luftdurchsatz an.



Zur Konstanterhaltung der Drehzahl von 80% ist in Meereshöhe (SL) ein Kraftstoff-Luftgemisch (K/L) erforderlich, daß Punkt B entspricht, während bei einer Höhe von + 1000 ft nur ein K/L von Punkt A erforderlich.

1.7.3.6 Abstellen des MotorsShut down the engine

Das Abstellen des Motors erfolgt durch Absperren der Kraftstoffzufuhr. Dies geschieht durch Legen des Anlaßhebels (start lever) am Triebwerksbedienpult in die Stellung "cut off". Dieser wirkt über ein Kabel- und Gestängesystem (siehe Beschreibung "Triebwerksanlagen") auf den "shut off lever", der das "sequencing valve" im Regler nach links zieht. Dadurch wird

1. die gelbe Leitung (windmilling bypass line) an das Reglergehäuse angeschlossen, so daß nach Schließen des "min. pressure and shut off valve", der während des Auslaufvorganges des Motor noch geförderte Kraftstoff umlaufen kann. Er gelangt über die am Reglergehäuse angeschlossene "low pressure return line" auf die Saugseite der Motorkraftstoffpumpe (Verstärkerstufe) zurück.
2. Hochdruckkraftstoffdruck auf die rechte Seite des "min. pressure and shutoff valve" gegeben, so daß dieses schließt und die Kraftstoffzufuhr zum Motor absperrt.
3. der Hochdruckkraftstoffdruck, der während des Betriebes das Ablaßventil geschlossen hält, auf Reglergehäusedruck entspannt. Durch eine Feder wird das Ablaßventil geöffnet, der noch in der Primär-Brennerleitung unter Druck stehende Kraftstoff wird entspannt und ein Nachtropfen der Brenner verhindert.

Beim Anlassen des Motors spielen sich die umgekehrten Vorgänge ab.

1.8 Allgemeine WartungsarbeitenMaintenance

Es soll an dieser Stelle davon Abstand genommen werden, die anfallenden Wartungsarbeiten zu beschreiben, da als verbindliche Arbeitsunterlage das Technische Betriebshandbuch (TBH) bzw. das Maintenance Manual anzusehen sind. Im folgenden Teil sollen lediglich die wichtigsten Wartungsarbeiten angegeben und auf die entsprechenden Kapitel der Arbeitsunterlage hingewiesen werden.

1.8.1 Filterkontrolle

Eine Filterkontrolle ist am Hauptfilter, Filter in der Motorkraftstoffpumpe, Filter im Kraftstoffregler und am Filter im Verteiler- und Anlaßventil routinemäßig durchzuführen.

Die Beschreibung der Filterkontrolle ist in folgenden Kapiteln des T.B.H. bzw. Maintenance Manual zu finden.

- a) Hauptfilter (fuel de-icing filter)
Kapitel 73-6-0.

- b) Filter in der Motorkraftstoffpumpe
Kapitel 73-1-0.
- c) Filter im Kraftstoffregler
Kapitel 73-2-0.
- d) Filter im Verteiler- und Ablassventil
Kapitel 73-3-0.

Die einzuhaltenden Drehmomentwerke für die Befestigungsschrauben sind im Kapitel 89 niedergelegt.

1.8.2 Konservieren

Das Konservieren der Kraftstoffanlage ist notwendig, um einer Korrosionsgefahr zu begegnen. Die Kraftstoffanlage ist zu konservieren, wenn das Triebwerk voraussichtlich länger als 28 Tage steht.

Der Konservierungsvorgang ist in Kap. 73-0 auf Seite 7 angegeben.

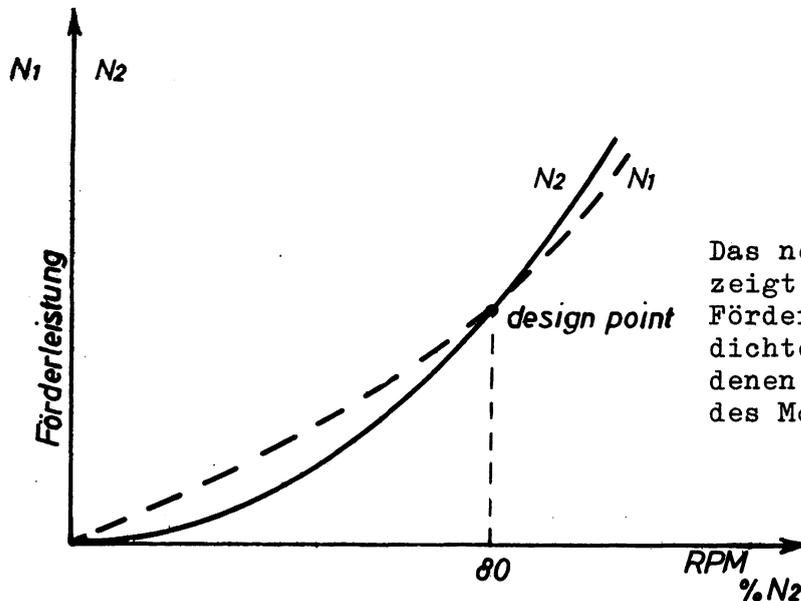
1.8.3 Einstellen des Kraftstoffreglers

Das Einstellen (Trimmen) des Kraftstoffreglers erfolgt bei laufendem Triebwerk. Ein Prüflauf ist vor allem bei Triebwerkswechsel, Kraftstoffreglerwechsel und bei Beanstandungen notwendig.

Der Einstellvorgang ist in Kap. 72-0 Seite 521 und folgende angegeben.

75-3 VerdichterabblasanlageSurge bleed valve system3.1 AllgemeinesGeneral

Der Motor JT3 D-3 ist mit zwei von einander unabhängigen Rotor-systemen ausgerüstet. Die beiden Verdichter haben in den verschiedenen Drehzahlbereichen unterschiedliche Förderleistungen.



Das nebenstehende Diagramm zeigt die unterschiedlichen Förderleistungen der beiden Verdichter über den verschiedenen Drehzahlbereich des Motors.

Im unteren Drehzahlbereich, bis etwa 80% N_2 (Hochdruckrotordrehzahl) liegt die Förderleistung des Niederdruckverdichters (N_1) über der des Hochdruckverdichters (N_2). Aus diesen unterschiedlichen Förderleistungen ergibt sich ein Stau zwischen dem Niederdruckverdichter und dem Hochdruckverdichter, der schließlich zu Pumperscheinungen (SURGE) im Verdichter führt. Dieses "Verdichterpumpen" soll durch das Verdichterabbläseventil (SURGE BLEED VALVE) verhindert werden.

Das Verdichterabbläseventil ist am Verdichterzwischengehäuse (9°) angebaut und mit dem Ringkanal, der vom Verdichterzwischengehäuse und dem Hochdruckverdichtergehäuse gebildet wird, verbunden. Dieser Ringkanal ist mit Niederdruckverdichtersluft (P_3) angefüllt. Aus diesem Ringkanal soll die überschüssige P_3 -Luft in den unteren Drehzahlbereichen über das geöffnete Verdichterabbläseventil an die Atmosphäre abgeblasen werden. Es wird solange Luft abgeblasen, bis die N_1 -Förderleistung mit der N_2 -Förderleistung zum Schnitt kommt. Diesen Schnittpunkt bezeichnet man mit "design point".

3.2 Aufbau

Mounting

Der Aufbau des Verdichterabblasventils sowie seiner Regler- und Betätigungsteile, ist auf den Seiten 6 und 7 in schematischer Form dargestellt. Grundsätzlich wird die Anlage in zwei Hauptteile unterteilt. Man unterscheidet

- a) den Reglerteil
- b) den Betätigungsteil des Ventils.

Zum Reglerteil gehören folgende Elemente:

- a₁) Venturi.
- a₂) Betätigungsmembran.
- a₃) Verteilerventil (transfer valve).

Der Betätigungsteil enthält als Hauptteile:

- b₁) "reset valve"
- b₂) "pilot valve"
- b₃) "power piston"
- b₄) "compressor bleed valve"

3.3 Arbeitsweise

Function

Die Förderleistung eines Verdichters ist proportional dem Verdichtungsverhältnis. Zur Regelung des Ventils wird das Verdichtungsverhältnis des Niederdruckverdichters ($P_{t2} : P_{s3}$) zugrunde gelegt. Den Druck P_{t2} nimmt man über einen Fühler am FAN-Eintrittsgehäuse ($11^{\circ}h$) ab. Der Druck P_{s3} wird am Verdichters-zwischengehäuse abgenommen. Diese beiden Drücke dienen nur zur Regelung des Ventils, zur Betätigung wird P_{s4} -Luft aus dem Diffusorgehäuse abgezweigt.

3.3.1 Öffnungsvorgang

Die zur Regelung bestimmte P_3 -Luft (blau) gelangt in einen Raum hinein, der über ein Venturi eine Verbindung zur Atmosphäre besitzt. In diesem Raum wird die P_{s3} -Luft auf einen Wert P_{s3}' reduziert. Dieser Druck P_{s3}' gelangt auf eine Seite der Betätigungsmembran. Auf die andere Seite dieser Membran wirkt der Druck P_{t2} (gelb). An der Membran herrscht damit ein Differenzdruck, der etwa dem Verdichtungsverhältnis des Niederdruckverdichters entspricht.

Gegen diesen Differenzdruck wirkt eine Feder. Überwiegt die Federkraft den Differenzdruck an der Membran, dann wird diese nach rechts gedrückt (siehe Seite 6). Durch die Stellung der Membran wird eine Betätigungsstange (transfer valve yoke) beeinflusst. Diese Betätigungsstange steuert das Verteilerventil (transfer valve). Das "transfer valve" wird dann in der auf Seite 6 gezeigten Stellung stehen. Die beiden Steuerdrücke (Ps3 und Pt2) haben damit ihre Aufgabe erfüllt. Die Betätigungsluft (grün) aus dem Diffusorgehäuse gelangt über ein Filter zum "transfer valve". Dieses Ventil wird durch die Steuerdrücke in einer Stellung gehalten, die es der Ps4-Luft ermöglicht, auf die linke Seite des "pilot valves" zu gelangen. Dieser Druck, unterstützt durch eine Feder, ist in der Lage, das "pilot valve" nach rechts zu drücken und in der gezeichneten Stellung zu halten.

Es wird auf diese Weise ein zweiter Weg für die Betätigungsluft (Ps4) frei. Diese Luft gelangt in einen Ringkanal des "pilot valves". Von dort gelangt die Luft auf die linke Seite des "power piston" und drückt ihn ebenfalls nach rechts. An diesem Kolben ist durch einen Hebel das eigentliche Abblasventil befestigt. Es wird, durch die Bewegung des "power pistons" nach rechts, geöffnet. Vom "power piston" besteht eine mechanische Verbindung zu einem "reset valve". Dieses Ventil hat die Aufgabe, die Betätigungsmembran im Reglerteil des Ventils vor übermäßigen Belastungen durch Druckstöße zu schützen. Druckstöße treten auf, wenn das Abblasventil schließt. Die Arbeitsweise des "rest valves" soll während der Besprechung des Schließvorganges näher erläutert werden.

Die Luft (blau gepunktet, die vor dem Öffnungsvorgang vor dem "power piston" stand, wird über einen Vent (vom "power piston" über den rechten Ringkanal des "pilot valves") an die Atmosphäre abgegeben. Die Luft, die auf der rechten Seite des "pilot valves" stand, gelangt über das "transfer valve" ebenfalls an die Atmosphäre.

3.3.2 Schließvorgang

Die Positionen der einzelnen Regel- und Betätigungselemente bei geschlossenem Abblasventil sind auf Seite 7 dargestellt.

soll das Abblasventil schließen, muß das Triebwerk den "design point" erreicht haben. Die Förderleistung des Niederdruckverdichters ist also gleich der Förderleistung des Hochdruckverdichters. Der Niederdruckverdichter hat bei diesem Zustand ein ganz bestimmtes Verdichtungsverhältnis.

Es ist gegenüber dem Verhältnis im unteren Drehzahlbereich erheblich angestiegen. Es wird also auch der Differenzdruck an der Betätigungsmembran zwischen Ps3' und Pt2 größer geworden sein. Übersteigt der Differenzdruck an der Membran den Federdruck, schlägt das Verteilerventil (transfer valve) in die auf Seite 7 gezeigte Stellung um. Es ändert sich nun der Ps4-Luftfluß zum "pilot valve". Das Ventil wird von dem Luftdruck (grün) nach links gedrückt. Durch diese Bewegung des "pilot valves" wird zunächst das Vent durch den Luft an die Atmosphäre abgegeben wurde, verschlossen. Der rechte Ringkanal des "pilot valves" gibt eine Leistung für die Ps4-Luft frei, die zur rechten Seite des "power pistons" führt.

Der "power piston" wird aus seiner rechten Position herausgedrückt und gleitet bis zu seinem linken Anschlag. Durch die Bewegung des Betätigungskolbens ("power pistons") wird auch das Abblasventil geschlossen. Das "reset valve" wird durch einen Nocken, der sich auf der Betätigungswelle des Abblasventils befindet, ebenfalls nach links gezogen. Es hebt sich von seinem Ventil Sitz und gibt einen zusätzlichen Vent frei. Durch diese Öffnung zur Atmosphäre kann zusätzlich Ps3-Luft (blau) an die Atmosphäre gelangen. Durch diesen zusätzlichen Luftfluß wird ein übermäßiger Druckstoß, der durch das Schließen des Abblasventils entsteht, von der Betätigungsmembran im Reglerteil des Ventils ferngehalten und die Membran vor Beschädigung geschützt.

Luft (blau gepunktet), die während des offenen Zustandes des Abblasventils den "power piston" in seiner Position gehalten hat, kann nun über den linken Ringkanal des "pilot valves" durch einen Vent an die Atmosphäre gelangen. Die Luft, die das "pilot valve" nach rechts drückte (blau gepunktet), gelangt über das Verteilerventil (transfer valve) ebenfalls an die Atmosphäre.

3.4 Wartung

Maintenance

Auf die Wartungsarbeiten soll hier nur in allgemeiner Form eingegangen werden, da die verbindliche Arbeitsunterlage durch das T.B.H. bzw. Maintenance Manual gebildet wird.

3.4.1 Filter säubern

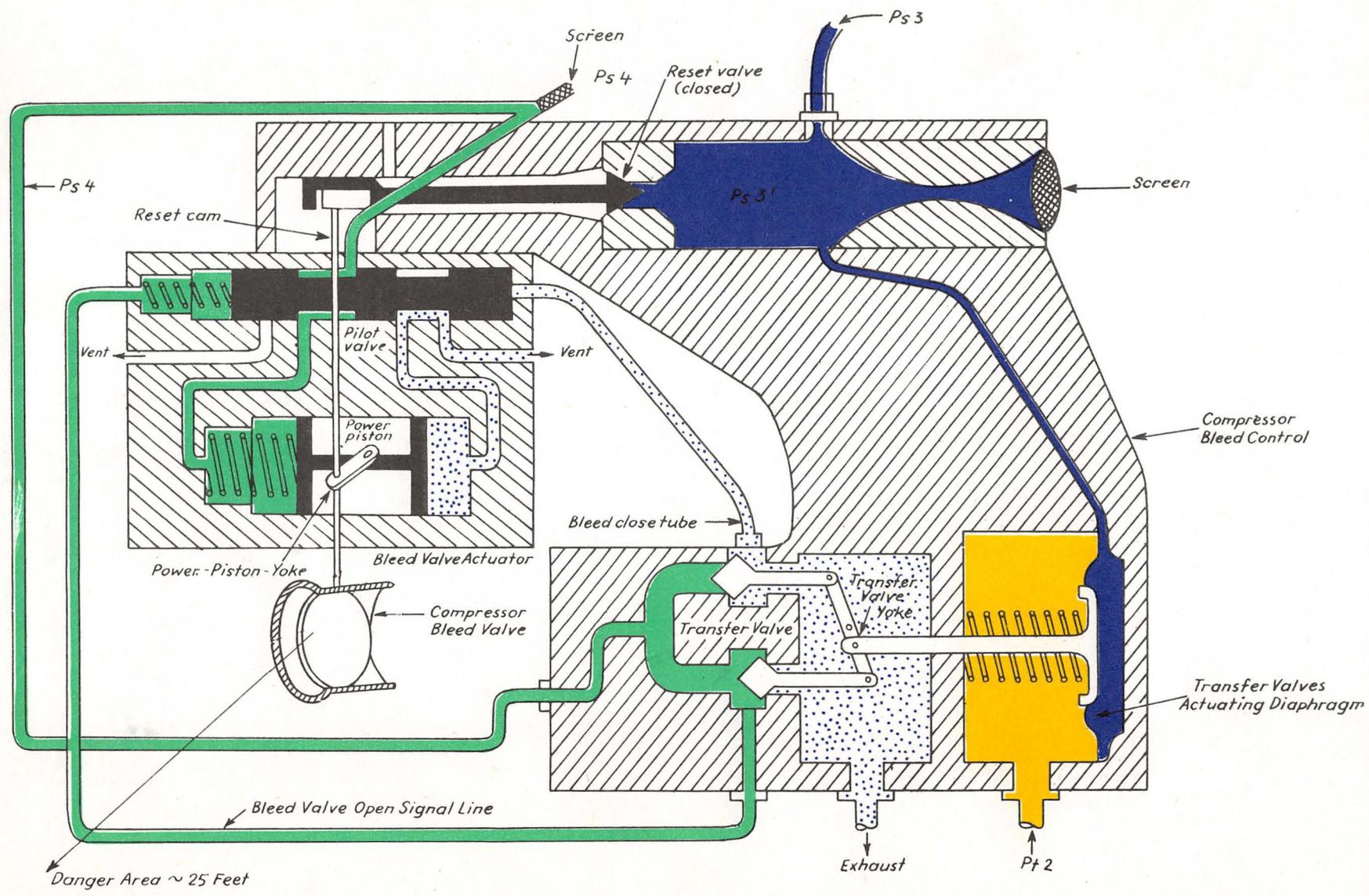
In der Anlage befinden sich eine Reihe von Luftfiltern. Verstopfte Luftfilter würden zu einer unkorrekten Arbeitsweise des Systemes oder zum Ausfall führen. Die Filter sind aus diesem Grunde nach den im T.B.H. (Kap. 75-3-0,) angegebenen Zeitabständen zu säubern und auf ihren Zustand zu überprüfen.

3.4.2 Festsitz der äußeren Leitungen

Um das eigentliche Gehäuse des Verdichterabblasventils herum führen eine ganze Reihe von Leitungen, die die Luft zu den einzelnen Elementen führen. Diese Leitungen neigen oft zum Lösen und sind daher auf ihren Festsitz zu überprüfen und eventuell auf den im T.B.H. angegebenen Drehmomentwert zu bringen.

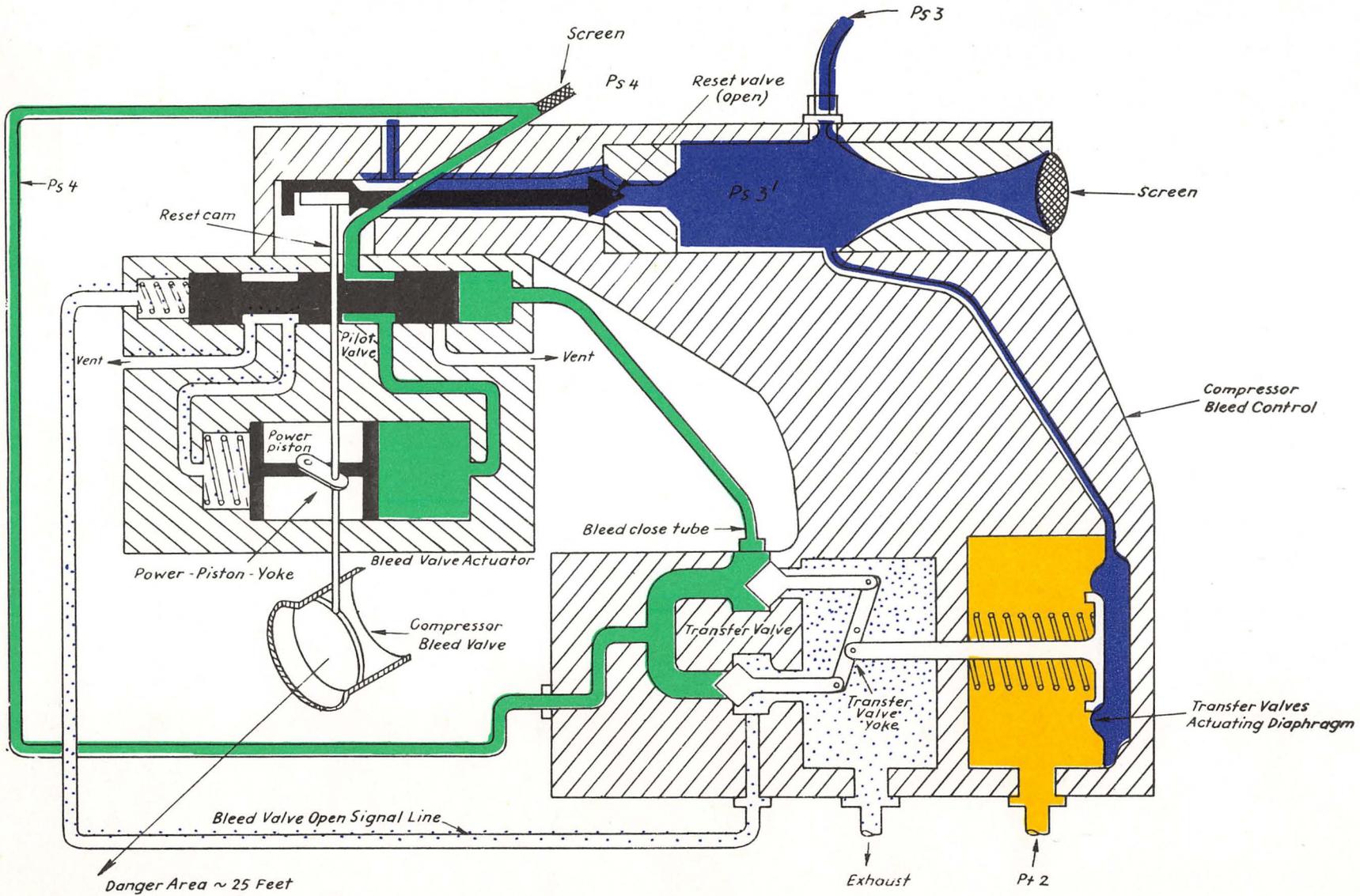
3.4.3 Prüfung der korrekten Arbeitsweise des Ventils.

Diese Prüfung ist bei laufendem Triebwerk durchzuführen. Es sollen dabei die korrekten Öffnungs- und Schließwerte festgestellt werden. Diese ändern sich jedoch mit den Temperaturen. Ein Diagramm im T.B.H., Kap. 71-5 zeigt diese Werte deutlich an.



Surge Bleed Valve geöffnet

Danger Area ~ 25 Feet



Surge Bleed Valve geschlossen

