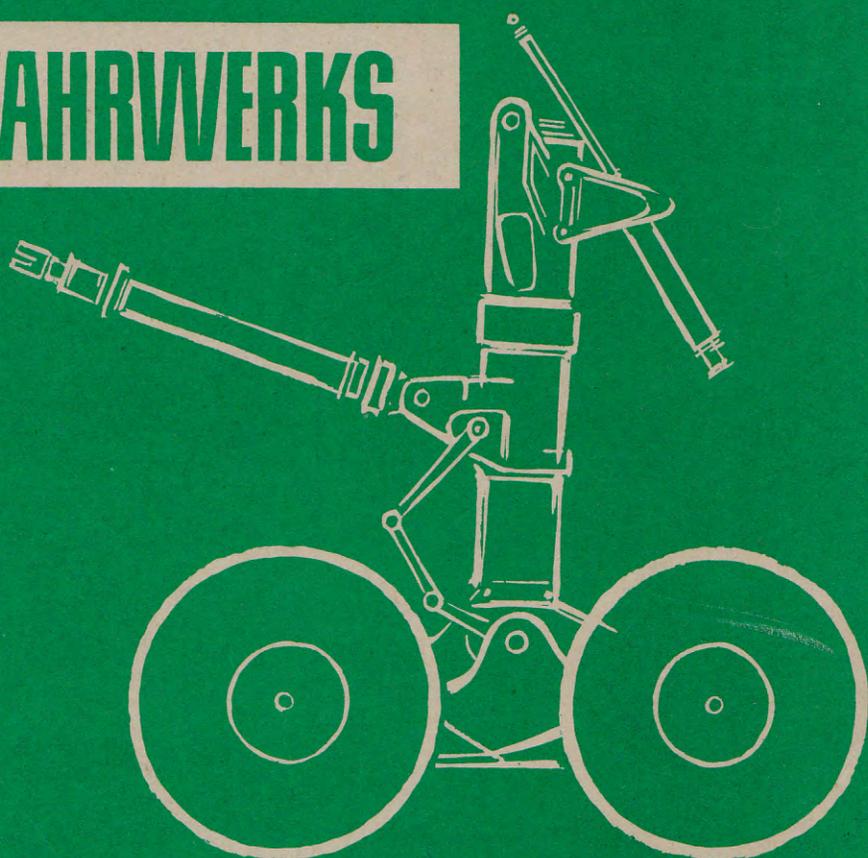
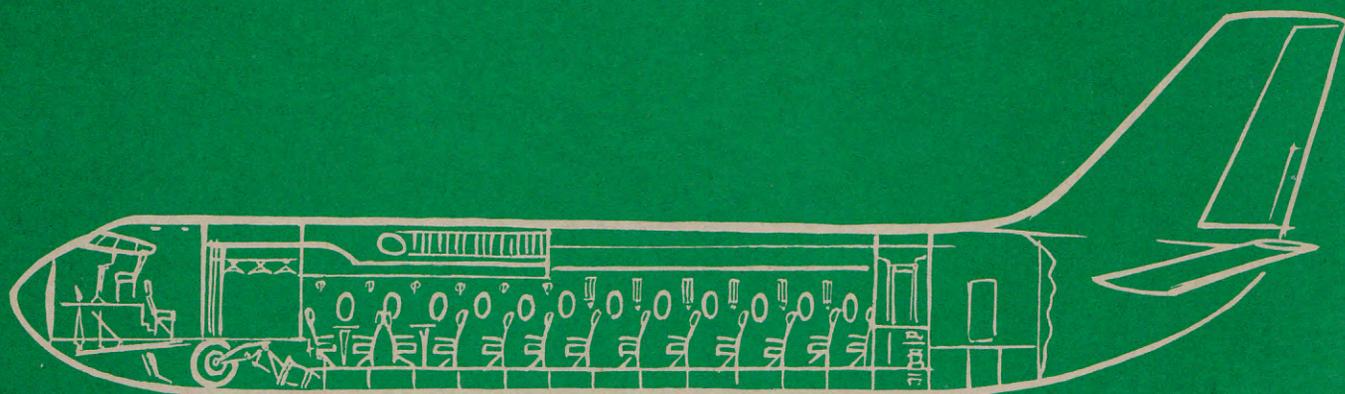


DIPL.-ING. GERHART HOFFMANN

AUFBAU DES FAHRWERKS



INNENAUSSTATTUNG DES FLUGZEUGS

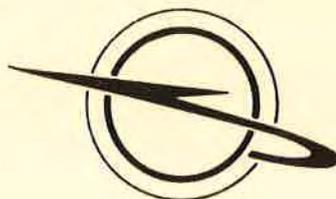


Lehrschriften für die Berufsausbildung und Qualifizierung

Best.-Nr. 7246

FORSCHUNGSZENTRUM DER LUFTFAHRTINDUSTRIE

Lehrschriften für die Berufsausbildung und Qualifizierung



Dipl.-Ing. Gerhart Hoffmann

**AUFBAU DES FAHRWERKS
INNENAUSSTATTUNG
DES FLUGZEUGS**

Aufbau des Flugzeugs, Band 3

Als Manuskript gedruckt

Mit der Herausgabe beauftragt:
ZENTRALSTELLE FÜR LITERATUR UND LEHRMITTEL
Dresden 1961

Gutachter: Obering. Franz Strobel
Bearbeiter: Dipl.-Gwl. Hellmut Günther

Bestell-Nr. 7246

Als Manuskript gedruckt
1961

Nachdruck, Reproduktion und Nachbildung – auch auszugsweise –
nur mit Genehmigung des Verfassers und
der Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel
im Forschungszentrum der Luftfahrtindustrie
Dresden N 2 – Postschließfach 40

III-9-266 IG 16 261 23 1,5

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Aufbau des Fahrwerks	1
1.1. Aufgaben des Fahrwerks	1
1.2. Fahrwerkanordnungen	2
1.3. Beanspruchungen des Fahrwerks	3
1.4. Konstruktive Gestaltung	5
1.4.1. Heckfahrwerk	5
1.4.1.1. Hauptfahrwerk	5
1.4.1.2. Sporn und Spornrad	7
1.4.2. Bugfahrwerk	8
1.4.3. Tandemfahrwerk	9
1.4.4. Sonderfahrwerke für Landflugzeuge	11
1.4.4.1. Mehrradfahrwerk	11
1.4.4.2. Wagenfahrwerk	12
1.4.4.3. Raupenfahrwerk	14
1.4.4.4. Fahrwerk für Amphibienflugzeuge	14
1.4.4.5. Kufenfahrwerk	15
1.4.5. Einziehvorgang bei Fahrwerken	16
1.4.5.1. Einzieharten	16
1.4.5.2. Einziehrichtungen	19
1.4.5.3. Fahrwerkabdeckungen	21
1.4.6. Bauteile des Fahrwerks	23
1.4.6.1. Radkörper	23
1.4.6.2. Reifen	24
1.4.6.3. Radbremse	25
1.4.6.4. Federstrebe	29
1.4.6.5. Einziehstrebe	33
1.4.6.6. Lenkerschere	34
1.4.6.7. Lenkeinrichtung	34
1.4.6.8. Abführung der statischen Elektrizität	34
1.4.7. Schwimmwerke	35
1.4.7.1. Aufbau des Schwimmers	35
1.4.7.2. Aufbau des Flugboots	37
1.4.7.3. Aufbau der Hydro-Skier	38
2. Innenausstattung des Flugzeugs	40
2.1. Radarnase und Elektronikraum	40
2.2. Besatzungsraum	41
2.3. Fluggastkabine	41
2.4. Nebenräume	50
2.5. Frachtraum	51
Literaturverzeichnis	53
Bildnachweis	53
Sachwörterverzeichnis	54
Aufbau des Flugzeugs, Inhaltsübersicht	
Veröffentlichungen der Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel	

1. Aufbau des Fahrwerks

1.1. Aufgaben des Fahrwerks

Das Fahrwerk ermöglicht die Bewegung des Flugzeugs auf dem Boden bzw. bei besonderer Ausführung auf dem Wasser. Es kann daher zwischen Landfahrwerken und Schwimmwerken unterschieden werden. Um das Rollen am Boden bzw. Bewegen auf dem Wasser sowie das Starten und Landen sicher zu gewährleisten, müssen eine Anzahl Forderungen an das Fahrwerk gestellt werden.

Während des Rollens am Boden, das möglichst aus eigener Kraft mit Hilfe der Triebwerke erfolgen soll, müssen eine gute Lenkbarkeit und Rollstabilität vorhanden sein. Das Flugzeug darf dabei keine Neigung zum seitlichen Ausbrechen besitzen und soll eine möglichst große Strecke ohne Nachsteuern geradeaus rollen können. Vorhandene Bodenunebenheiten soll das Fahrwerk beim Überrollen weich abfedern, so daß keine größeren Stöße auf die Zelle übertragen werden.

Beim Entwurf der gesamten Fahrwerkanlage ist darauf zu achten, daß die für Start und Landung notwendigen Anstellwinkel unbedingt eingehalten werden können.

Bei der Landung müssen die dafür vorgesehenen Bauteile des Fahrwerks in der Lage sein, die sich aus dem Landestoß ergebende Energie während einer möglichst kurzen Rollstrecke aufzunehmen. Das Flugzeug darf auf keinen Fall zu springen beginnen, wie es am Anfang der Luftfahrtentwicklung bei gummigefederten Fahrwerken häufig der Fall war.

Zum Beladen und Betanken des Flugzeugs ist eine annähernd horizontale Lage des Rumpfes am zweckmäßigsten. Die Fahrwerkanordnung muß daher dieser Forderung gerecht werden.

Während das Fahrwerk am Boden unerlässlich ist, erzeugt es im Flug einen erheblichen Anteil am Gesamtwiderstand des Flugzeugs. Daher wird das Fahrwerk seit Anfang der dreißiger Jahre zum großen Teil einziehbar ausgeführt, wodurch es im Flug in der Gesamtkontur des Flugzeugs verschwindet.

Da das Fahrwerk mit etwa 5 bis 6 Prozent einen nicht unbeträchtlichen Anteil am Gesamtgewicht des Flugzeugs besitzt, sind schon mehrfach Bestrebungen im Gange gewesen, auf dieses Bauteil ganz zu verzichten. Bei einigen

kleinen Motorflugzeugen sind auch schon abwerfbare Räder oder Startwagen angewandt worden. Bei Verkehrsflugzeugen heutiger Konzeption wird man aber vorläufig nicht ohne Fahrwerk auskommen. Lediglich beim Flugboot kann dieses Ziel als annähernd verwirklicht betrachtet werden.

An das Fahrwerk eines Flugzeugs werden somit eine Reihe Forderungen gestellt, die sich z.T. sogar widersprechen. Daher gibt es in der Praxis auch so viele ausgeführte Lösungen für den Aufbau des Fahrwerks.

1.2. Fahrwerkanordnungen

Die folgenden Fahrwerkanordnungen sind die wichtigsten und werden alle noch heute verwendet.

H e c k f a h r w e r k

Bis zur Einführung der Turbinenantriebe besaßen die Flugzeuge im allgemeinen das Heckfahrwerk. Es besteht aus einem Hauptfahrwerk vor dem Schwerpunkt des Flugzeugs und einem Sporn oder Spornrad am Rumpfende (Bild 1.1a), z.B. An 2. Heute ist diese Fahrwerkanordnung im wesentlichen auf Sport- und Schulflugzeuge beschränkt.

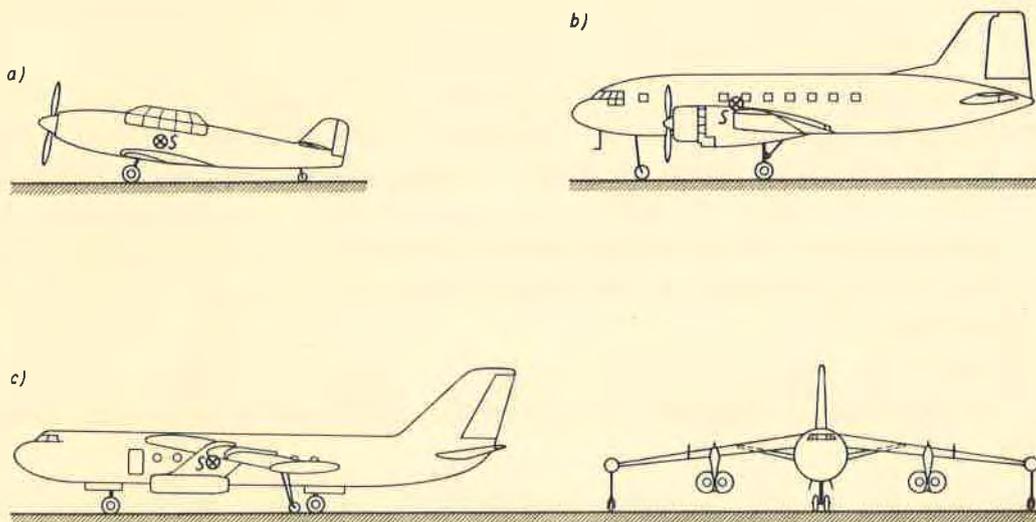


Bild 1.1 Fahrwerkanordnungen

- | | |
|-----------------|-----------------------------------|
| a) Heckfahrwerk | c) Tandemfahrwerk mit Stützrädern |
| b) Bugfahrwerk | S Schwerpunkt |

B u g f a h r w e r k

Bei Landegeschwindigkeiten über 150 km/h ergeben sich für Flugzeuge mit Heckfahrwerk untragbare Rolleigenschaften. Da besonders mit der Einführung von Strahltriebwerken derartig hohe Landegeschwindigkeiten erreicht werden, war man gezwungen, das Bugfahrwerk anzuwenden. Dazu bietet es noch folgende Vorteile:

1. Bei starkem Bremsen wird ein Überschlag des Flugzeugs vermieden.
2. Die annähernd horizontale Lage des Rumpfes erleichtert das Beladen und das Betanken des Flugzeugs und ist für die Fluggäste angenehmer.

Beim Bugfahrwerk liegt das Hauptfahrwerk hinter dem Flugzeugschwerpunkt, während der Rumpfbug vom Bugrad unterstützt wird (Bild 1.1b), z.B. IL 14, 152 II.

T a n d e m f a h r w e r k

Infolge der bei den heutigen Hochgeschwindigkeits-Flugzeugen äußerst dünnen Tragflügelprofile ist ein Einziehen des Fahrwerks in die Flügel kaum noch möglich. Dieses Problem wird vielfach durch Verwendung des Tandemfahrwerks gelöst. Die Hauptfahrwerke befinden sich hintereinander unter dem Rumpf, während seitliche Stützräder ein Kippen des Flugzeugs verhindern (Bild 1.1c), z.B. 152 I, B 47.

Außer den genannten Fahrwerkanordnungen gibt es noch einige Sonderausführungen, wie z.B. Schneekufen, Schwimmer usw. Auf sie wird in den Abschnitten 1.4.4.5. und 1.4.7. noch genauer eingegangen.

1.3. Beanspruchungen des Fahrwerks

Das Fahrwerk ist am Boden starken statischen, beim Rollen, Starten und vor allem beim Landen sehr hohen dynamischen Beanspruchungen ausgesetzt. Die einzelnen Bauteile, wie Räder, Streben und Stoßdämpfer haben dabei verschiedene Belastungen aufzunehmen.

Auch für die Berechnung von Fahrwerken bestehen Bauvorschriften und Lastannahmen, die zu berücksichtigen sind. Es sind vor allem folgende Belastungsfälle zu beachten:

1. beim Landen:

symmetrische Landefälle,
unsymmetrische Landefälle,

2. beim Rollen und Schleppen:

symmetrische Beanspruchung,
unsymmetrische Beanspruchung.

So entstehen z.B. beim Kurvenrollen am Boden außer dem senkrecht nach unten wirkenden Flugzeuggewicht auch Zentrifugalkräfte, die besonders die Reifen der Räder beanspruchen. Zur Berechnung dieses Belastungsfalls kann z.B. folgende Gleichung verwendet werden:

$$n_s = \frac{P_z}{G} = \frac{v^2}{g \cdot r}$$

n_s seitliches Lastvielfaches,
 P_z Zentrifugalkraft in kp,
 G Gewicht des Flugzeugs in kp,
 v Rollgeschwindigkeit in m/s,
 r Kurvenradius in m,
 g Erdbeschleunigung (9,81 m/s²)

Der Wert für n_s beträgt bei Flugzeugen mit Heckfahrwerk etwa 0,5 und bei solchen mit Bugfahrwerk etwa 0,7.

Erhebliche Kräfte, die auch noch in unterschiedlichen Richtungen wirken, treten beim Überrollen von Bodenunebenheiten auf.

Die stärksten Beanspruchungen erfährt das Fahrwerk jedoch bei der Landung, da hierbei vor allem die kinetische Energie des sinkenden Flugzeugs zur Wirkung kommt. Vertikale Stoßgeschwindigkeiten von 4 bis 5 m/s treten bei modernen Flugzeugen auf und müssen sicher aufgenommen werden.

Die sich aus dem Landestoß ergebende notwendige Arbeitsaufnahme der Fahrwerke errechnet sich nach folgenden Gleichungen:

1. Die Wirkungslinie der Stoßkraft verläuft durch den Flugzeugschwerpunkt (was jedoch selten der Fall ist):

$$A = \frac{m}{2} v_{St}^2 .$$

m Masse des Flugzeugs in kg,

v Stoßgeschwindigkeit senkrecht zur Landeebene in m/s,

A Arbeitsaufnahme in Nm (Newtonmeter)

$$1 \text{ Nm} = \frac{1}{9,81} \text{ kpm}$$

2. Die Wirkungslinie der Stoßkraft verläuft nicht durch den Flugzeugschwerpunkt (was meistens der Fall ist):

$$A = \frac{m_{red}}{2} v_{St}^2 .$$

Hierin bedeutet m_{red} die auf den Angriffspunkt der Stoßkraft reduzierte Masse des Flugzeugs. Durch diesen Ausdruck wird die bei einem außermittigen Stoß auftretende Drehbewegung berücksichtigt. m_{red} ergibt sich aus

$$m_{red} = \frac{m}{1 + \left(\frac{a}{i_y}\right)^2} .$$

m Gesamtmasse des Flugzeugs in kg,

a Abstand der Stoßkraftresultierenden vom Flugzeugschwerpunkt in m,

i_y Trägheitsradius des Flugzeugs um die Querachse in m.

Bei der Berechnung des Fahrwerks wird zuerst der Anteil der Reifen an der Arbeitsaufnahme bestimmt und dann mit dem Rest der noch aufzunehmenden Arbeit die Größe der Federbeine festgelegt.

Je nach Verwendungszweck des Flugzeugs erreichen die bei der Landung am Fahrwerk wirkenden Kräfte den 2,2 bis 3,5fachen Wert der ruhenden Radlast.

Ein besonderer Lastfall tritt ein, wenn das Flugzeug eine Schiebelandung durchführt. Dies geschieht, wenn die Windrichtung nicht parallel mit der Bewegungsrichtung des landenden Flugzeugs verläuft, sondern einen mehr oder weniger großen Winkel bildet. Bei der Landung treten außer dem senkrechten Stoß noch zusätzlich Seitenkräfte am Fahrwerk auf, die bei der Bemessung berücksichtigt werden müssen.

Die Sicherheitszahlen werden beim Fahrwerk kleiner gewählt als bei der Flugzeugzelle. Dadurch geht bei einer Überbeanspruchung meist nur das Fahrwerk und nicht die Zelle zu Bruch. Somit werden die Fluggäste geschont und die notwendigen Reparaturen gering gehalten. Die Sicherheitszahlen liegen bei $j = 1,5$, während sie für die Zelle $j = 1,8$ betragen. Anschlußbauteile erhalten noch einen weiteren Sicherheitszuschlag von 10 bis 15 Prozent.

Außerordentlich hohe Beanspruchungen haben die Reifen bei der Landung aufzunehmen. Die sich während des Flugs in Ruhe befindlichen Räder müssen im Augenblick der Bodenberührung in Sekundenbruchteilen auf die Umfangsgeschwin-

digkeit gebracht werden, die der Landegeschwindigkeit entspricht. Das bedeutet, daß der Beschleunigungsvorgang der Räder während $2/3$ bis $3/4$ Radumdrehungen ablaufen muß.

Infolge der durch die rauhe Betonbahn erzeugten hohen Reibungswärme wird der Gummi weich und zeigt das Bestreben zu kleben. Dadurch steigt der Reibungswert noch an. Die hierbei auftretenden und nach hinten gerichteten Reibungskräfte beanspruchen das Fahrwerk zusätzlich auf Biegung.

Um diese zusätzliche Biegung abzuschwächen, hat man versucht, die Räder vor der Berührung mit dem Boden durch Elektro- oder Hydraulikmotoren auf die notwendige Umfangsgeschwindigkeit zu beschleunigen. Die bei der Landung gedrosselten Triebwerke waren aber nicht in der Lage, die erforderliche elektrische oder hydraulische Leistung zu liefern. Dadurch wurden die Beschleunigungszeiten zu lang. Eine teilweise Lösung ermöglichen die Schwinghebel-fahrwerke, bei denen die Räder bei Stoßbeanspruchungen nach hinten wegschwingen können. Die zusätzlichen Biegemomente werden dadurch verkleinert.

1.4. Konstruktive Gestaltung

1.4.1. Heckfahrwerk

Das Heckfahrwerk ist dadurch gekennzeichnet, daß sich die Hauptfahrwerksräder vor dem Schwerpunkt des Flugzeugs befinden und von der Längsachse einen genügenden Abstand besitzen, um ein seitliches Kippen zu verhindern. Als dritter Auflagepunkt befindet sich am Flugzeugheck ein Sporn oder Spornrad. Das Hauptfahrwerk nimmt etwa 88 bis 92 Prozent und der Sporn etwa 12 bis 8 Prozent des Flugzeuggewichts auf. Der Anstellwinkel am Boden beträgt etwa 10 bis 12° , was sich beim Startvorgang günstig auswirkt.

1.4.1.1. Hauptfahrwerk

Das Hauptfahrwerk der ersten Flugzeuge bis etwa 1919 bestand aus zwei Dreieckstreben, die seitlich am Rumpf befestigt waren. Eine durchgehende Achse trug an ihren Enden die Räder. Um die Achse und den unteren Verbindungspunkt der Streben gelegte Gummiringe bewirken eine Abfederung bei der Landung, ohne jedoch zu dämpfen. Dadurch neigen die Flugzeuge zum Springen, was häufig zu Fahrwerkbrüchen führte. Die Dreieckstreben waren unter sich noch durch Stahlkabel diagonal verspannt (Bild 1.2).

Eine Verbesserung hinsichtlich der Querlagenneigung beim Überrollen von Hindernissen ergab die geteilte, an einem Dreieckbock gelenkig gelagerte Achse (Bild 1.3). Sie wurde zuerst bei der Junkers F 13 im Jahre 1919 verwendet. Die Federung bestand allerdings auch bei dieser

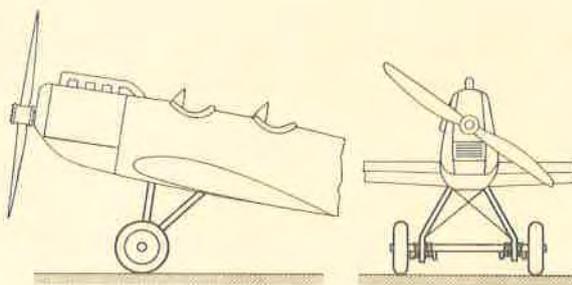


Bild 1.2 Fahrwerk mit Dreieckstreben und Gummifederung

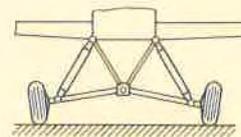


Bild 1.3 Fahrwerk mit Gelenkachse

Maschine noch aus Gummiseilen. Diese verspannten die vier teleskopartig verschiebbaren Dreieckstreben und wurden bei der Landung gedehnt (Bild 1.4).

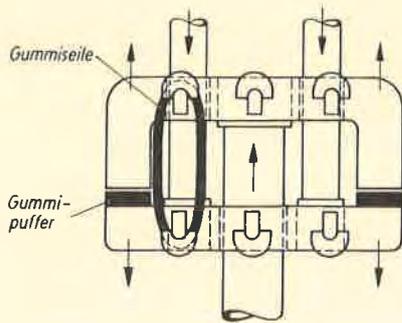


Bild 1.4 Gummifederung älterer Fahrwerke (Prinzip)

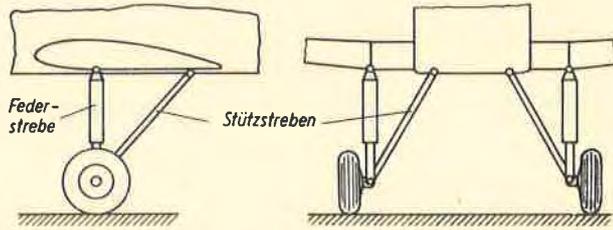


Bild 1.5 Dreibeinfahrwerk

In der weiteren Entwicklung der Fahrwerkgestaltung wurden die beiden Fahrwerkhälften getrennt und voneinander unabhängig gemacht. Dadurch entstanden die sogenannten Dreibeinfahrwerke. Die Federstrebe jeder Fahrwerkhälfte wird hierbei in der Hauptstoßrichtung an den Rumpf oder an den Tragflügel geführt. Diese Strebe nimmt an einem Achsstummel das Rad auf. Zwei weitere Streben werden beweglich am Rumpf oder am Tragflügel befestigt (Bild 1.5). In der Draufsicht bilden die Befestigungspunkte ein Dreieck. Diese Konstruktion gestattet ein freies Schwingen der beiden Fahrwerkteile. Damit kann den aus den Unebenheiten des Bodens herrührenden, verschiedenartigen Durchfederungen der Fahrwerkhälften bzw. der Federstreben besser begegnet werden. Eine bei starrer Achse eintretende Schräglage der Maschine wird somit verhindert.

Eine heute vielfach angewendete Ausführung eines Heckfahrwerks ist das Einbeinfahrwerk. Es ist aerodynamisch als die günstigste Lösung anzusehen, was insbesondere bei Flugzeugen mit nicht einziehbarem Fahrwerk von großer Bedeutung ist. Bei diesen wird die Federstrebe häufig mit einer stromlinienförmigen Blechverkleidung versehen. Um diese faßt teleskopartig verschiebbar die

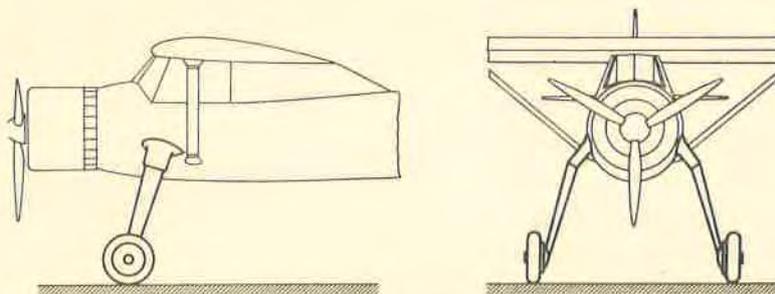


Bild 1.6 Einbeinfahrwerk

Manschette der eventuell auch vorhandenen Radverkleidung (Bilder 1.6 und 1.7). Der Geschwindigkeitsgewinn eines mit einem verkleideten Einbeinfahrwerk ausgerüsteten Flugzeugs war beträchtlich.

Nicht einziehbare Einbeinfahrwerke sind heute nur noch bei langsam fliegenden Sport- und Schulflugzeugen sowie einigen kleineren sonstigen Flugzeugen ge-

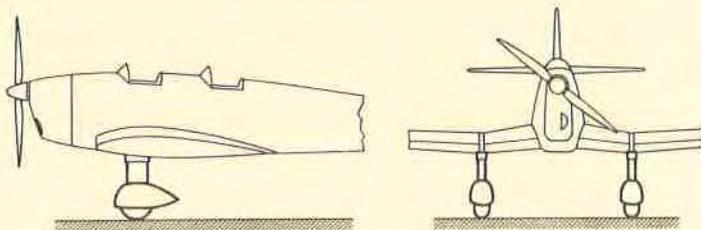


Bild 1.7 Einbeinfahrwerk mit Radverkleidung

bräuchlich. In den übrigen Fällen werden auch beim Heckfahrwerk die Hauptträger im Flug in die Rumpf- oder Tragflügelkontur eingezogen, um den Widerstand zu verringern. Näheres zum Einziehvorgang siehe Abschnitt 1.4.6.

1.4.1.2. Sporn und Spornrad

Zur Abfederung des Rumpfes wurde anfangs generell und heute nur noch bei einigen Kleinflugzeugen der sogenannte Schleifsporn verwendet. Er besteht aus dem Spornkörper und der Spornplatte, auch Spornsohle genannt. Der Sporn ist in einer Gabel, die an einem Rumpfspant befestigt ist, gelagert und durch Gummiseile abgefedert (Bild 1.8).

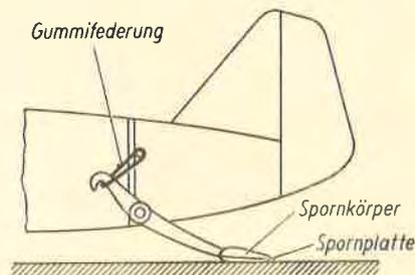


Bild 1.8 Schleifsporn

Ein Nachteil dieser einfachen Ausführung liegt darin, daß der Sporn beim Kurvenrollen nicht schwenkbar und daher erheblichen Seitenkräften ausgesetzt ist.

Nach Einführung der Federstrebe wurde diese auch zur Abfederung des Sporns eingesetzt, der sich nun aus der Spornfederstrebe und dem Spornschuh mit der Spornplatte zusammensetzt. Der Spornschuh besteht aus Elektron. An seiner Unterseite ist die Spornplatte befestigt, die wegen des hohen Verschleißes aus Mangan-Hartstahl hergestellt wird (Bild 1.9). Die Größe der Spornplatte wird nach dem spezifischen Sporndruck von etwa 1 kp/cm^2 bemessen. Eine Ledermanschette schützt die lebenswichtigen Teile vor Versandung und sonstigen Verunreinigungen.

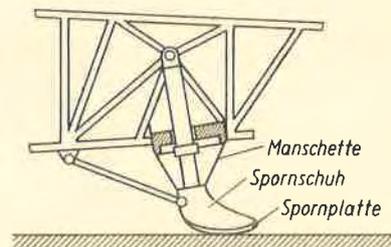


Bild 1.9 Sporn mit Federstrebe

Diese Art der Spornausführung hat den Vorteil, daß sie seitlich schwenkbar konstruiert werden kann, so daß der Rollwiderstand beim Kurvenrollen kleiner wird. Selbst eine so große Maschine wie die Ju 52 war am Anfang noch mit einem derartigen Sporn ausgerüstet.

Die Verwendung des Spornrads wurde mit der Einführung der Radbremsen für das Hauptfahrwerk möglich, da hierdurch die sonst aufgetretene Erhöhung der Landeausrollstrecke verhindert werden konnte. Das Spornrad erlaubt eine bessere Manövrierfähigkeit des Flugzeugs am Boden sowie eine wesentlich stärkere Schonung der Flugplatzgrasnarbe.

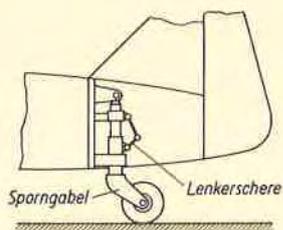


Bild 1.10 Schwenkbares Spornrad

Alle Spornräder sind schwenkbar. Die Sporngabel, in der das Rad gelagert ist, wird durch eine Lenkerschere mit Verriegelung zum Federbein abgefangen (Bild 1.10). Beim Rollen wird diese Verriegelung in der Lenkerschere gelöst, so daß das Rad seitlich frei ausschwenken kann.

Die Spornräder sind heute meistens auch einziehbar, und zwar im allgemeinen in der Weise, daß ein an einem Rumpfspant gelagerter Hydraulikzylinder, dessen Kolben am oberen Ende des Federbeins angreift, bei

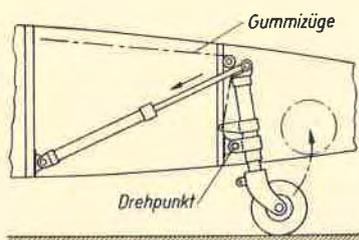


Bild 1.11 Einziehbares Spornrad

Betätigung mit Drucköl das Spornaggregat nach oben in den Rumpf hinein oder wieder heraus schwenkt (Bild 1.11). Eine automatische Vorrichtung (Gummizüge) sorgt dafür, daß sich das Rad während des Ein- oder Ausfahrvorgangs in Flugrichtung stellt.

1.4.2. Bugfahrwerk

Beim Bugfahrwerk liegt das Hauptfahrwerk hinter dem Schwerpunkt des Flugzeugs, während das Bugrad (Bild 1.12, Seite 13) unter dem Rumpfvorderteil angeordnet ist. Die Gewichtsverteilung entspricht derjenigen des Heckfahrwerks, indem das Hauptfahrwerk mit etwa 88 bis 92 Prozent und das Bugrad mit etwa 12 bis 8 Prozent des Fluggewichts belastet wird.

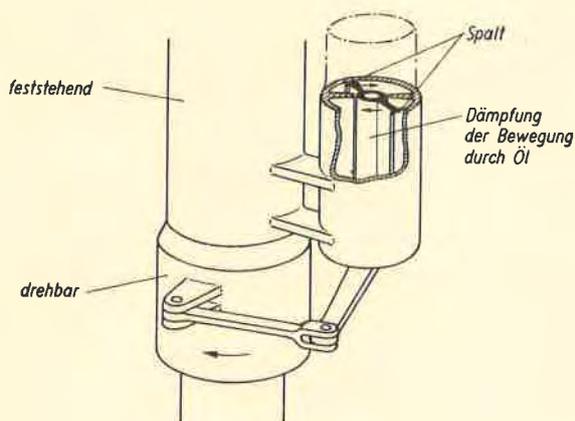


Bild 1.13 Flatterdämpfer

Der Vorteil der Bugfahrwerkordnung besteht darin, daß das Flugzeug am Boden eine nahezu horizontale Lage innehat. Für die Beladung und das Betanken ist dies äußerst günstig. Bei der Verwendung von Strahltriebwerken ist eine derartige Anordnung des Fahrwerks überhaupt unerlässlich, da anderenfalls bei der durch das Heckfahrwerk bedingten Schräglage des Flugzeugs die Abgasstrahlen die Betonbahnen des Flugplatzes beschädigen würden.

Das Bugrad hat konstruktiv und funktionell eine Anzahl von Bedingungen zu erfüllen. Es kann lenkbar sein und muß sich dabei leicht schwenken lassen, damit es bei einer Schiebelandung sofort in die Landerichtung eindreht. Desweiteren muß eine Dämpfungseinrich-

tung gegen eventuell auftretende Schwingungen vorhanden sein. Derartige sogenannte Flutterdämpfer arbeiten heute meist hydraulisch (Bild 1.13). Durch die Verwendung von Reifen mit extra breitem Profil oder durch zwei starr gekoppelte Räder kann jedoch auch das notwendige Dämpfungsmoment erreicht werden.

Da die Größe des Dämpfungsmoments u.a. vom Nachlauf des Bugrads abhängig ist, muß das Bugrad auch einen entsprechend großen Nachlauf besitzen (Bild 1.14).

Ein weiterer Vorteil des Bugfahrwerks ist, daß ein damit ausgerüstetes Flugzeug erheblich bessere Rollseigenschaften als eines mit Heckfahrwerk zeigt. Die Rollstabilität und die Steuerbarkeit beim Rollen am Boden sind wesentlich günstiger.

Eingezogen wird das Bugfahrwerk in entsprechende Räume im Rumpfvorderteil. Dabei ist es nicht immer einfach, dieses Fahrwerk günstig unterzubringen, besonders wenn es eine große Länge aufweist wie z.B. bei der Tu 114. Das Rumpfvorderteil als Bestandteil der druckdichten Kabine dient in der Hauptsache zur Aufnahme der Besatzung und zum Einbau der Steuerungsaggregate sowie anderer Geräte. Somit bedarf es einer guten konstruktiven Projektierung, um eine möglichst günstige Kompromißlösung in der Unterbringung der Geräte und des Fahrwerks zu finden. Fahrwerkklappen decken den Raum nach außen ab.

Die Haupträder der Bugfahrwerkkanordnung entsprechen bei kleineren Flugzeugen denjenigen der Heckfahrwerkkanordnung. Bei großen Flugzeugen werden jedoch infolge der stärkeren Bodenbelastung Doppelräder oder Wagenfahrwerke verwendet (s. Abschnitte 1.4.4.1. und 1.4.4.2.). Auch die Bugräder sind häufig als Doppelräder ausgebildet.

1.4.3. Tandemfahrwerk

Bei modernen Hochgeschwindigkeitsflugzeugen, deren Fluggeschwindigkeiten bei Mach 0,8 und darüber liegen, ist es infolge Verwendung sehr dünner Tragflügelprofile nicht mehr möglich, das Fahrwerk in die Flügel einzuziehen. Das gilt insbesondere für Hoch- und Schulterdecker, da bei Tiefdeckern immerhin noch die Möglichkeit besteht, die Fahrwerkstreben am Flügel zu befestigen und die Räder in der verdickten Flügelwurzel oder im Rumpf unterzubringen. Man hat auch Lösungen versucht, bei denen das Fahrwerk seitlich im Rumpf liegt und durch einen ziemlich komplizierten Mechanismus herausgeschwenkt wird. Dabei neigen aber die Flugzeuge infolge der geringen Spurweite zum seitlichen Kippen.

Diese Schwierigkeiten führten zur Konstruktion des Tandemfahrwerks. Bei dieser Anordnung befindet sich je ein Fahrwerk hinter und vor dem Schwerpunkt des Flugzeugs in Richtung der Rumpflängsachse. Um die Standfestigkeit gegen seitliches Kippen zu gewährleisten, werden an den Tragflügeln kleine Stützfahrwerke angebracht.

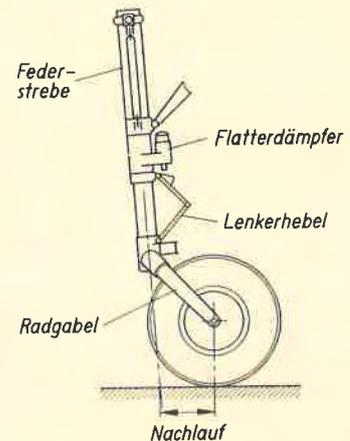


Bild 1.14
Bugrad-Nachlauf

Die Belastung der einzelnen Fahrwerkteile wird im allgemeinen so gewählt, daß das Bugrad mit 40 Prozent und das Hauptfahrwerk mit 60 Prozent der ruhenden Last beansprucht wird.

Das Bugrad muß leicht schwenkbar und lenkbar sein, da ein Kurvenrollen durch Abbremsen der Räder bei dieser Anordnung nicht mehr möglich ist.

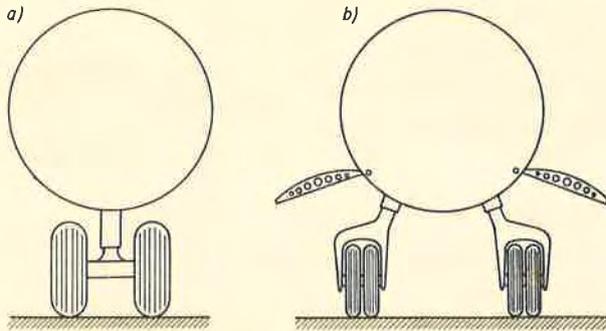


Bild 1.15 Tandemfahrwerke

Das Bugrad besitzt im allgemeinen Doppelbereifung, während man beim Hauptfahrwerk je nach Größe und Gewicht des Flugzeugs zwei bis vier Reifen wählt (Bild 1.15a).

Ist es infolge der Größe des Flugzeugs nicht möglich, das Gewicht der Maschine auf diese sechs Reifen zu verteilen, ordnet man eine Doppelbereifung in vier Einzelaggregaten an, die zu je zwei seitlich von der Rumpflängsachse symmetrisch angebracht sind (Bild 1.15b).

Die Stützfahrwerke sollen möglichst in einer Ebene mit dem Hauptfahrwerk liegen, da sie sonst beim Kurvenrollen Schwenkbewegungen ausführen würden. Am günstigsten ordnet man die Stützräder an den Tragflügelenden an, da hier die reduzierte Masse und somit auch die notwendige Arbeitsaufnahme am kleinsten ist. Dadurch ergibt sich zwar ein großer Hub, den aber die heutigen normalen Schwingfahrwerke gewährleisten. Bemerkenswert ist, daß die Federstreben der Stützräder im Gegensatz zum Hauptfahrwerk nur eine geringe Rückgangdämpfung besitzen, damit das Flugzeug beim Kippen wieder möglichst schnell in horizontale Lage gebracht wird.

Zur Unterbringung der Stützfahrwerke an den Tragflügelenden verwendet man Gondeln, in die die Fahrwerke eingezogen werden (Bild 1.16, Seite 13). Bei einigen Flugzeugen werden die Stützräder in einem mehr oder weniger großen Abstand von den Flügelenden befestigt und in die Flügel eingezogen. Diese Ausführung erfordert allerdings eine äußerst flache Konstruktion des Fahrwerks, da die Flügel derartiger Flugzeuge naturgemäß sehr dünn sind, z.B. Boeing B 52. Bei anderen Maschinen werden die Stützfahrwerke in die Motorgondeln eingezogen, z.B. Boeing B 47. Allerdings kann hierbei nicht der optimale Abstand von der Rumpflängsachse erreicht werden.

Die Tandemanordnung des Fahrwerks bei Verkehrsflugzeugen besitzt den großen Nachteil, daß ein bedeutender Teil des Rumpfvolumens durch die Aufnahme des Hauptfahrwerks dem Fluggastraum verloren geht. Daher ist diese Anordnung bei Verkehrsflugzeugen ökonomisch unvorteilhaft.

Eine Besonderheit des Tandemfahrwerks kann darin bestehen, daß das Hauptfahrwerk beim Start des Flugzeugs absenkbar ist. Dadurch wird eine Vergrößerung des Anstellwinkels beim Start erreicht, wozu sonst infolge des großen Abstands zwischen Schwerpunkt und Hauptfahrwerk ein sehr großes Leitwerk erforder-

lich wäre. Konstruktiv wird das Absenken dadurch gelöst, daß die Hauptfederstrebe hydraulisch um ein bestimmtes Stück verkürzt wird (Bild 1.17).

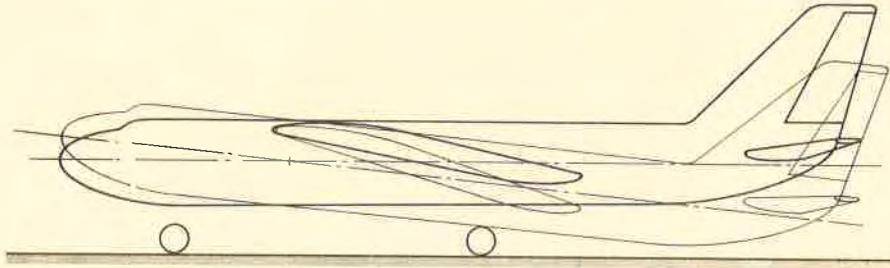


Bild 1.17 Absenken der Hinterräder des Tandemfahrwerks beim Start

1.4.4. Sonderfahrwerke für Landflugzeuge

1.4.4.1. Mehrradfahrwerk

Das ständig wachsende Gewicht heutiger Flugzeuge verlangt entsprechend konstruierte Fahrwerke. Der Bodendruck kann bei Maschinen mit einem Gewicht über 40 Mp nicht mehr von einem Fahrwerk mit einzelnen Rädern aufgenommen werden, da diese Räder sonst derartig große Abmessungen erhalten müßten, die sie völlig unhandlich und ihre Unterbringung im Rumpf oder in den Tragflügeln unmöglich machen würde. Man verwendet daher in derartigen Fällen Fahrwerkanordnungen mit mehreren Rädern (Bild 1.18, Seite 13).

Bereits 1929 besaß die Junkers G 38 mit ihrem 24 Mp Gewicht eine sogenannte Zweirad-Tandemanordnung, d.h. zwei hintereinander liegende Räder je Fahrwerkeinheit. Auch die großen

Transportflugzeuge der dreißiger und Anfang der vierziger Jahre, z.B. der bekannte "Gigant", waren mit Mehrradfahrwerken ausgerüstet, die gleichzeitig noch eine gewisse Geländegängigkeit gewährleisten. Die Räder waren einzeln abgefedert, seitlich an der Rumpfunterkante befestigt und teilweise durch widerstandsmindernde Verkleidungen abgedeckt (Bild 1.19). Allerdings war keines dieser Fahrwerke einziehbar.

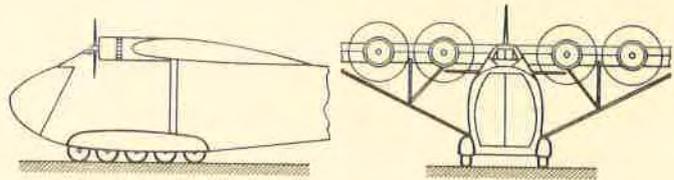


Bild 1.19 Mehrradfahrwerk

Großraumtransportflugzeuge der Gegenwart besitzen vielfach eine ähnliche Fahrwerkanordnung, jedoch mit dem Unterschied, daß diese Fahrwerke in wulstartige Verkleidungen eingefahren werden können, z.B. An 10 "Ukraina", Lockheed C 130 "Hercules". Beim Ausfahren bringt die Fahrwerkskinematik noch eine zusätzliche Spurweitenverbreiterung, um die Standfestigkeit der Maschine zu erhöhen. Ein seitliches Stützfahrwerk kann dabei entfallen. Klappen decken in eingezogenem Zustand die Öffnungen ab (Bild 1.20, Seite 12).

Eine weitere Möglichkeit, den hohen Reifendruck auf mehrere Räder zu verteilen, besteht darin, anstatt des einen Rads ein Doppelrad mit zwei Reifen,

aber kleinerem Durchmesser zu verwenden. Bereits in den dreißiger Jahren wurden die Verkehrsflugzeuge Junkers Ju 90 und Focke-Wulf FW 200 mit Doppelrädern

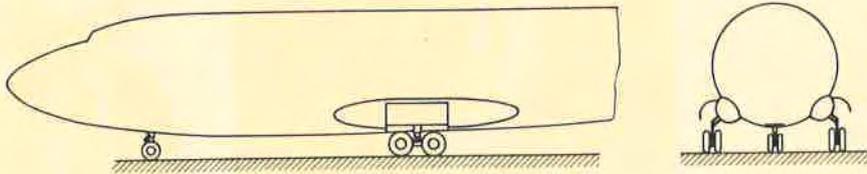


Bild 1.20 Einziehbares Mehrtradfahrwerk

vern versehen, nachdem die ersten Versuchsmaschinen dieser Typen noch mit einem Rad, allerdings sehr großen Durchmessers, ausgerüstet waren. Abgesehen von dem ungünstigen Beschleunigungsverhalten großer Reifen bei der Landung, verlangt die Forderung nach besserer aerodynamischer Güte der Flugzeuge zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit kleine Motorverkleidungen. Da bei vielen Maschinen die Fahrwerke in den Motorgondeln untergebracht sind, ist die Verwendung von Rädern kleinen Durchmessers erforderlich. Daher sind bei größeren Flugzeugen Doppelräder heute allgemein üblich geworden (Bild 1.21, Seite 13).

1.4.4.2. Wagenfahrwerk

Die weitere Entwicklung zu immer größeren und schwereren Flugzeugen erforderte die Konstruktion von Fahrwerken, die sowohl den erhöhten Beanspruchungen bei der Landung als auch der Forderung nach einwandfreier Unterbringung in den verhältnismäßig dünnen Tragflügeln oder beschränkten Räumen des Rumpfes genügen mußten. Ein Doppelrad mit kleinem Durchmesser reichte dafür nicht mehr aus. Es wurden daher mehrere dieser Doppelräder zu einem Fahrwerkaggregat kombiniert, das als **W a g e n f a h r w e r k** bezeichnet wird. Bei einem derartigen Wagenfahrwerk sind die Räder, und zwar häufig sogar vier Doppelräder, an einem Rahmen befestigt, der am unteren Ende des Federbeins drehbar gelagert ist und in Flugrichtung pendeln kann (Bilder 1.22 und 1.23, Seite 13). Bei der Landung hängen die hinteren Radpaare etwas nach unten und berühren den Boden zuerst. Sie werden also etwas eher als die vorderen Radpaare beschleunigt. Da die verwendeten kleineren Räder auch ein geringeres spezifisches Trägheitsmoment besitzen, wird der Anlaufstoß zur Beschleunigung der aufsetzenden Räder erheblich reduziert.

Ein Nachteil des Wagenfahrwerks ist das durch den schweren Rahmen bedingte verhältnismäßig hohe Gewicht. Je nach Größe der Maschine beträgt es insgesamt 1 bis 2 Mp. Oft genügt auch die Bremsleistung der kleinen Räder nicht, so daß man zu Hilfsmaßnahmen greifen muß, z.B. Bremsfallschirm, Luftbremse oder Schubumkehr bei Flugzeugen mit Strahltriebwerken.

Wenn das Wagenfahrwerk bei dünnen Profilen nicht im Tragflügel untergebracht werden kann oder wenn der Raum in der Flügelwurzel durch ein Triebwerk ausgefüllt ist, dann wird eine besondere Fahrwerksgondel verwendet, die am hinteren Drittel des Tragflügels, z.B. Tu 104, oder am Ende einer Triebwerksgondel, z.B. 152 II, angeordnet ist.

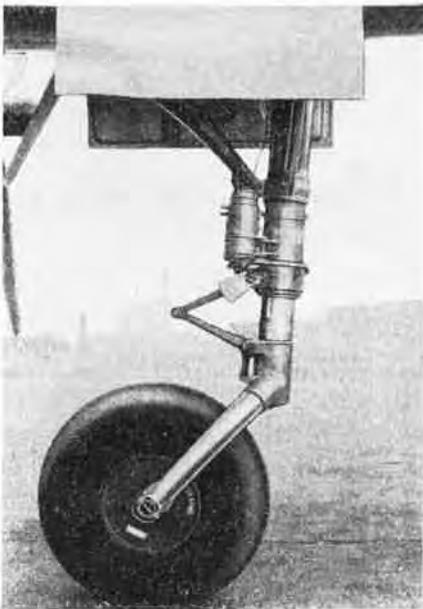


Bild 1.12 Bugrad der IL 14 P

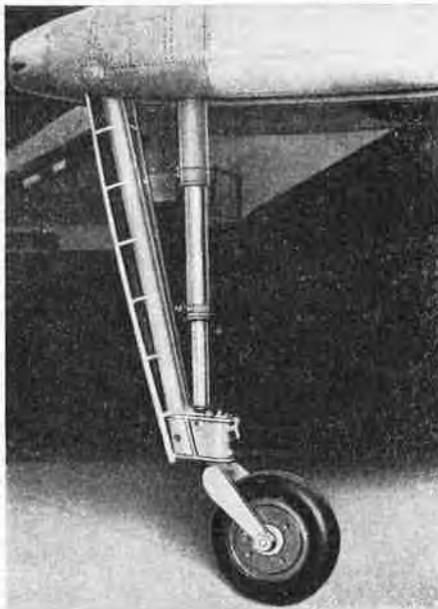


Bild 1.16 Stützfahrwerk

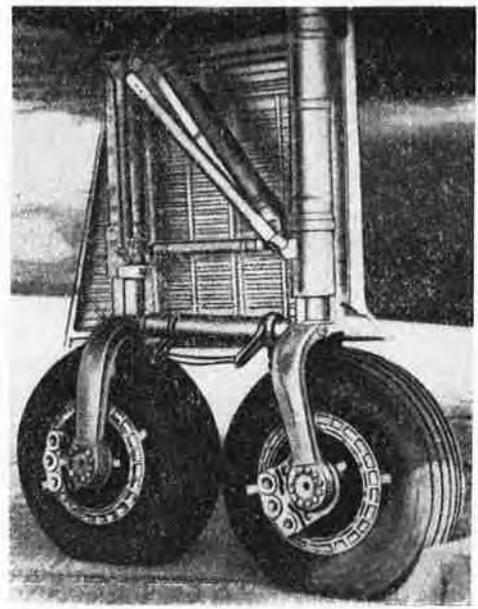


Bild 1.18 Zweirad-Tandemanordnung

Bild 1.21 (links)
Doppelradanordnung
IL 14 P



Bild 1.22 (rechts)
Wagenfahrwerk
mit vier Einzelrädern

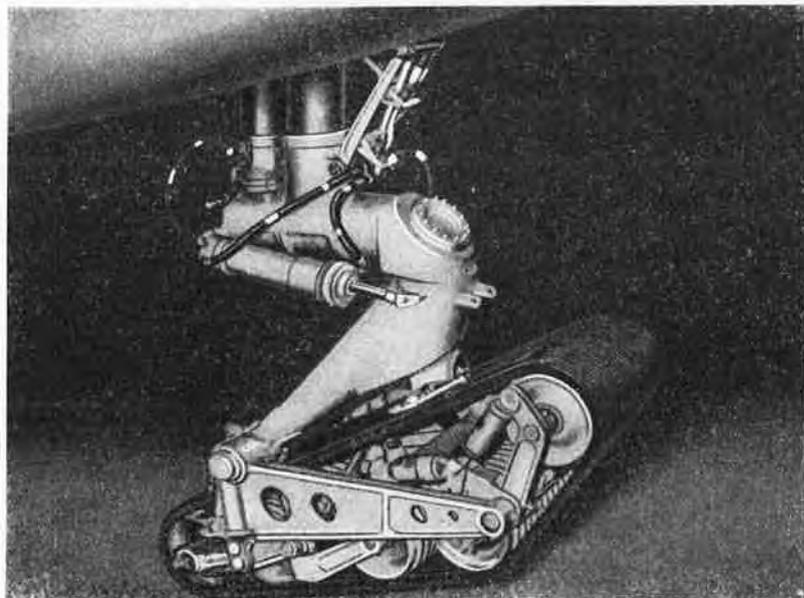
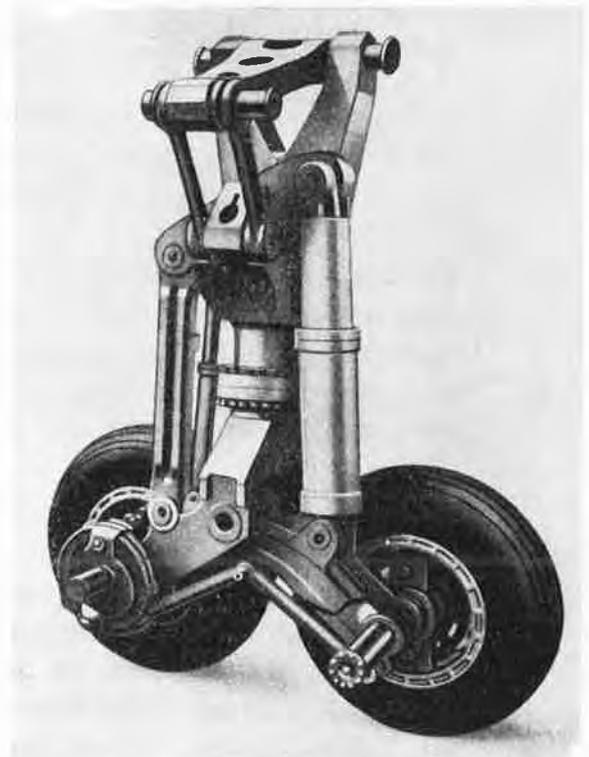


Bild 1.25 Raupen-Bugfahrwerk (lenkbar)

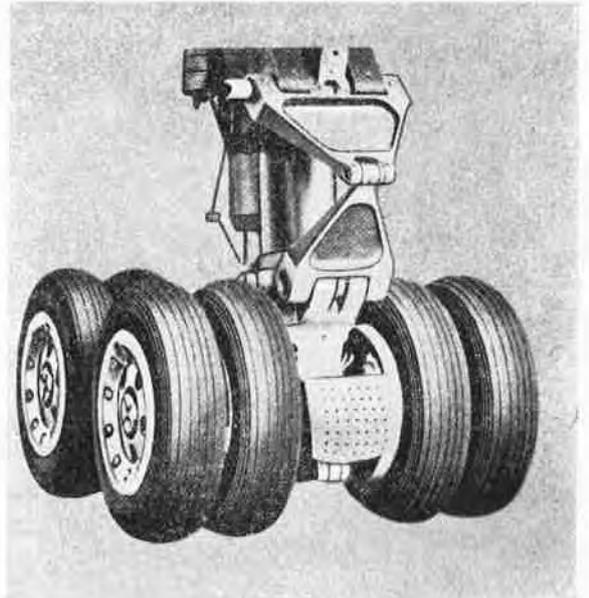


Bild 1.23 Wagenfahrwerk mit vier Doppelrädern

Trotz einiger Nachteile ist das Wagenfahrwerk bei großen Flugzeugen heute allgemein üblich, z.B. 152 II, Tu 104, Tu 114, "Caravelle", Boeing 707, DC 8.

1.4.4.3. Raupenfahrwerk

Um bei Transportflugzeugen, die auch auf unvorbereiteten Flugplätzen landen und starten sollen, eine ausreichende Geländegängigkeit zu erhalten, sind schon seit langem Versuche für den Einsatz von Raupenfahrwerken durchgeführt worden. Ein erster Entwurf in dieser Richtung sah einen leichten Panzerwagen vor, der als Fahrwerk unter eine Transportmaschine gehängt werden und bei der

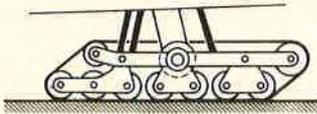


Bild 1.24
Raupen-Hauptfahrwerk

Landung in unebenem Gelände die Hindernisse überwinden sollte. Zu befriedigenden Lösungen ist man jedoch erst heute gelangt. So baut eine amerikanische Firma für ihre Transportflugzeuge reine Raupenfahrwerke. Das Fahrwerkaggregat besteht dabei aus einem Raupenfahrwerk, wie man es vom Panzerwagen oder Traktor her kennt. Die Gleisketten sind jedoch durch einen endlosen, mit Luft gefüllten Gummischlauch ersetzt worden (Bild 1.24 und Bild 1.25, Seite 13).

Ein Raupenfahrwerk stellt an die Konstruktion erhebliche Anforderungen, die sich aus den verschiedenen Beanspruchungen ergeben. Während des Rollens treten wechselweise z.B. Zentrifugalkräfte, Längsspannungen infolge des Reibungswiderstands und Bodendrücke auf. Schwierigkeiten bereitet auch die Unterbringung der Bremsen und Einfahrmechanismen.

1.4.4.4. Fahrwerk für Amphibienflugzeuge

Da Amphibienflugzeuge sowohl auf dem Land als auch auf dem Wasser starten und landen sollen, müssen sie fahrwerkmäßig für beide Möglichkeiten eingerichtet sein. Für die Bewegung im Wasser ist der Rumpf als Flugbootkörper ausgebildet, und für das Rollen an Land besitzt er noch ein übliches Fahrwerk, entweder mit Heckrad- oder Bugradanordnung (Bild 1.26). Während seines Einsatzes als Wasserflugzeug werden die Haupträder des Fahrwerks in kreisförmige Mulden der Rumpfsseitenwand eingefahren. Die Fahrwerkstreben sind mehrfach geknickt, um möglichst wenig Platz zu beanspruchen.

Als Amphibienflugzeuge baut man heute nur noch einige kleinere Reiseflugzeuge.

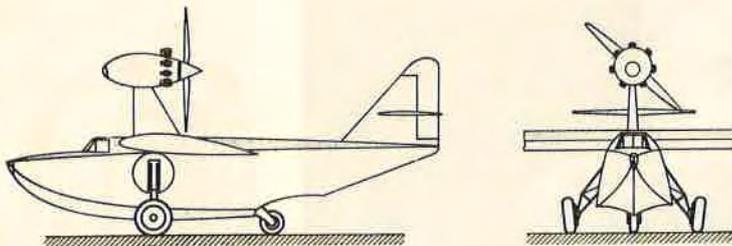


Bild 1.26 Amphibienfahrwerk

1.4.4.5. Kufenfahrwerk

Kleine aber schnelle Militärflugzeuge, die auch auf unvorbereiteten Plätzen landen und starten sollen, werden manchmal mit Kufenfahrwerken ausgerüstet, die durch ihre größere Reibung eine Verkürzung der Landestrecke bewirken (Bild 1.27). Beim Start ist allerdings der gleiche Reibungswiderstand zu überwinden, so daß hierfür entweder eine höhere Antriebsleistung nötig ist, oder es müssen andere Hilfsmittel eingesetzt werden.

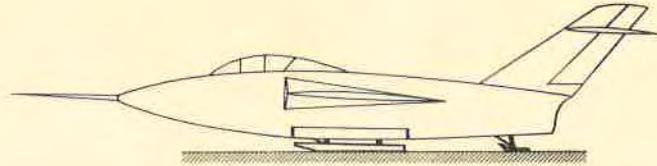


Bild 1.27 Flugzeug mit Landekufen

Diese Flugzeuge besitzen meist eine Hauptkufe, die unter der Rumpflängsachse an Federstreben befestigt ist. Gegen seitliches Kippen dienen kleinere Stützkufen, die seitlich unter den Tragflügeln angebracht sind. Bei Lastenseglern verwendet man vielfach zwei Hauptkufen seitlich unter dem Rumpf und eine Kufe unter dem Rumpfbügel.

Mit Kufenfahrwerk ausgerüstete Flugzeuge werden entweder durch Katapult, durch Zuhilfenahme von Startraketen oder durch Flugzeugschlepp gestartet. Eine Startmöglichkeit aus eigener Kraft besteht in der Verwendung eines Startwagens, auf den das Flugzeug gesetzt und der nach erfolgtem Start abgeworfen wird.

Die bekannteste Anwendung von Kufenfahrwerken ist diejenige in Form der Schneekufen für Flugzeuge, die im Winter auch in schneereichen Gegenden, z.B. in nördlichen Gebieten oder Polarregionen, eingesetzt werden sollen.

Bei kleinen Flugzeugen bestehen diese Kufen aus Holz und ähneln einfachen Skiern. Die Schneekufen großer Flugzeuge haben schwimmerähnliche Form, jedoch mit flach ausgebildetem Boden (Bild 1.28). Dadurch wird eine aerodynamisch günstigere Lösung erreicht, da diese Schneekufen infolge ihrer geringen zulässigen Flächenbelastung verhältnismäßig große Dimensionen besitzen und sonst einen zu großen Luftwiderstand ergeben würden.

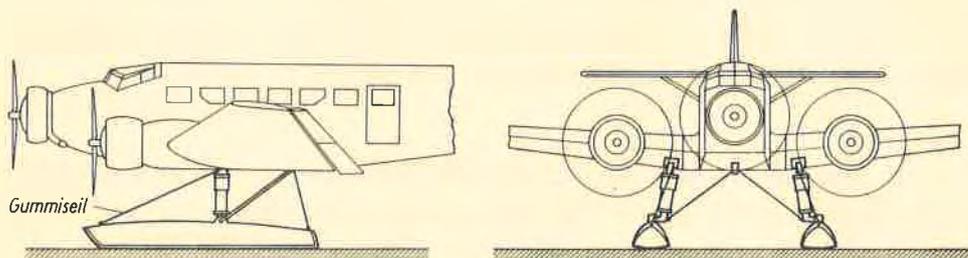


Bild 1.28 Schneekufen

Verschiedentlich hat man die Schneekufen an der Unterseite mit einer Metallsohle belegt, die die Kufen verstärken sowie vor Beschädigungen durch Steine,

Eis und gefrorenen Boden schützen und ein zu frühes Abnutzen des Holzes verhindern soll. In der Praxis versieht man die Unterseite der Kufen mit Metallstreifen aus Kupfer oder einer Aluminium-Legierung. Sie schützen das Holz, verringern die Reibung und geben gleichzeitig eine gute Führung.

Die Kufen werden an den Achsstummeln des normalen Fahrwerks befestigt. Von Bedeutung ist dabei die Lage des Befestigungslagers an der Kufe. Im allgemeinen sollen etwa zwei Drittel der Gleitfläche vor der Achse liegen. Um ein Herabpendeln der Kufen im Fluge zu verhindern, verspannt man sie vorn durch Gummikabel oder Federstreben. Dadurch wird gleichzeitig erreicht, daß sich die Spitzen bei der Landung nicht in den Boden bohren. Gefordert wird weiterhin, daß sich die Kufen bei der Landung glatt an den Boden legen müssen.

Infolge ihrer Größe und Form werden Schneekufen im allgemeinen nicht einziehbar ausgeführt. Jedoch verwendet man bei einigen größeren Transportflugzeugen, die in nördlichen schneereichen Gebieten eingesetzt werden, besondere flache Schneekufen, die, wenn auch nicht ganz eingezogen, so doch flach an die Rumpfunterseite angelegt werden.

1.4.5. Einziehvorgang bei Fahrwerken

1.4.5.1. Einziehart

m e c h a n i s c h

Die Methode, das Fahrwerk mechanisch durch Handkurbeln und Seilzug oder durch Spindeln einzuziehen, ist heute veraltet. Man wendete sie früher bei kleinen Flugzeugen an.

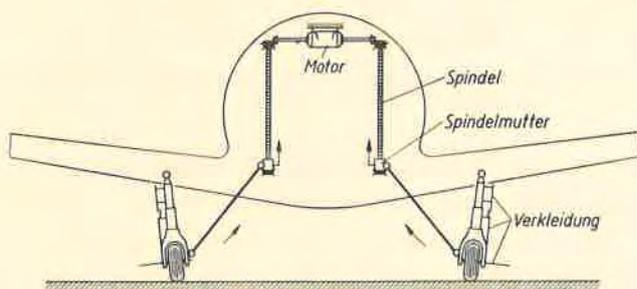


Bild 1.29 Elektrische Fahrwerkeinziehung

der Spindelmutter wurde das Fahrwerk ein- oder ausgefahren (Bild 1.29). Zu beachten war hierbei, daß die beiden Spindeln vollkommen synchron liefen, um ein ungleichförmiges Ein- und Ausfahren der Fahrwerke zu verhindern.

h y d r a u l i s c h

Die hydraulische Betätigung des Einziehmechanismus ist heute allgemein üblich und gewährleistet selbst für große und schwerste Flugzeuge eine genügende Betriebssicherheit. Durch eine motorgetriebene Ölpumpe wird Drucköl in einen Arbeitszylinder gedrückt, dessen Kolbenstange dann den Einziehvorgang bewirkt. Das eingezogene Fahrwerk wird durch eine Verriegelung festgehalten (Bild 1.30).

e l e k t r i s c h

Auch elektrische Einziehmechanismen werden heute kaum noch angewendet. Sie waren früher z.B. in den Flugzeugen Ju 86 und Ju 160 vorhanden. Ein Elektromotor drehte für jede Fahrwerkshälfte eine Schraubenspindel und bewegte dadurch eine Mutter. An der Mutter war eine Strebe des Fahrwerks angelenkt. Durch das Hin- und Herfahren

Für die Kinematik des Einziehvorgangs gibt es sehr viele Konstruktionsmöglichkeiten (Bild 1.31). Das Einfahren geschieht aber im Prinzip immer in der Art,

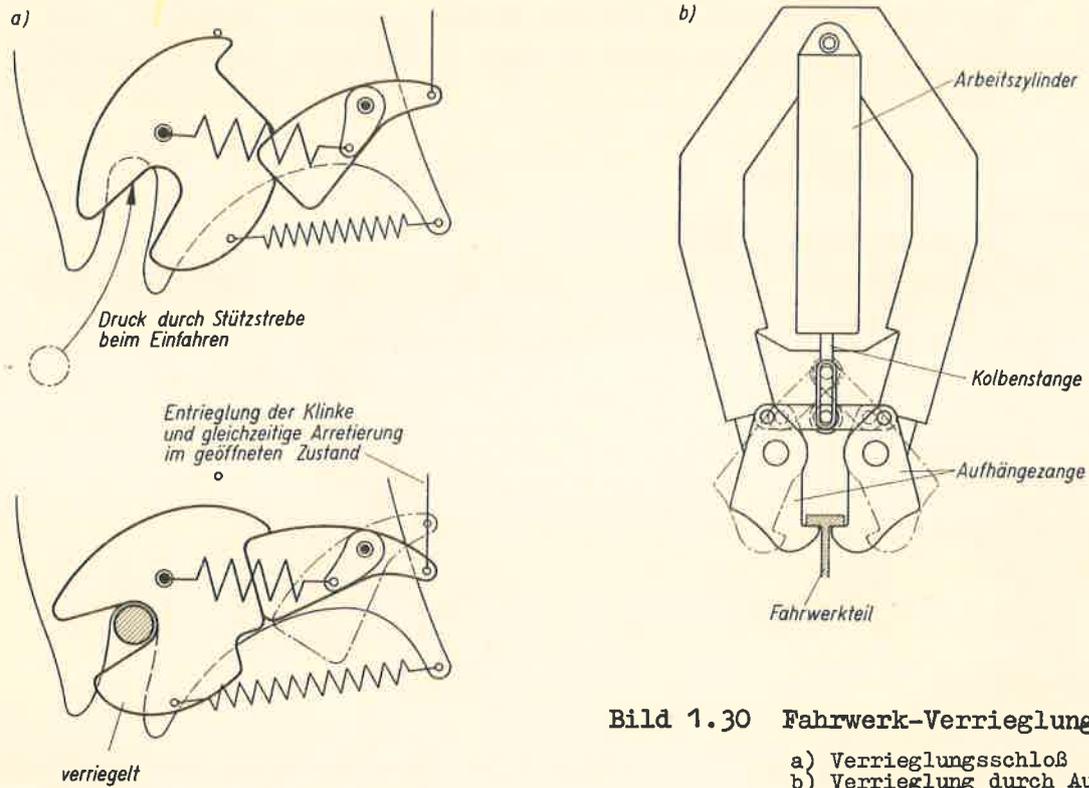


Bild 1.30 Fahrwerk-Verriegelungsarten

- a) Verriegelungsschloß
- b) Verriegelung durch Aufhängezange

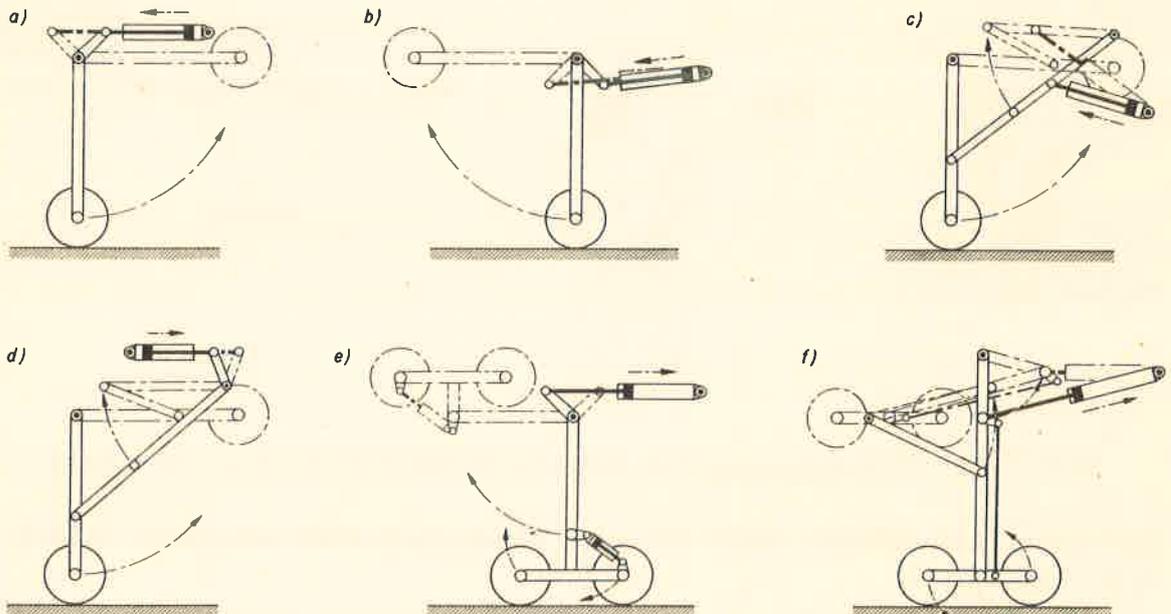


Bild 1.31 Kinematik verschiedener Einziehfahrwerke

daß die Kolbenstange des Arbeitszylinders entweder das Fahrwerk unmittelbar einführt (Bild 1.31a, b) oder eine Knickstrebe in eine derartige Lage bringt, daß das Fahrwerk gleichzeitig eingezogen wird (Bild 1.31c, d). Bei Wagenfahrwerken wird auch noch der Wagenteil mit den Rädern gedreht, um ihn in eine für die Unterbringung im Flugzeug günstige Lage zu bringen (Bild 1.31e, f).

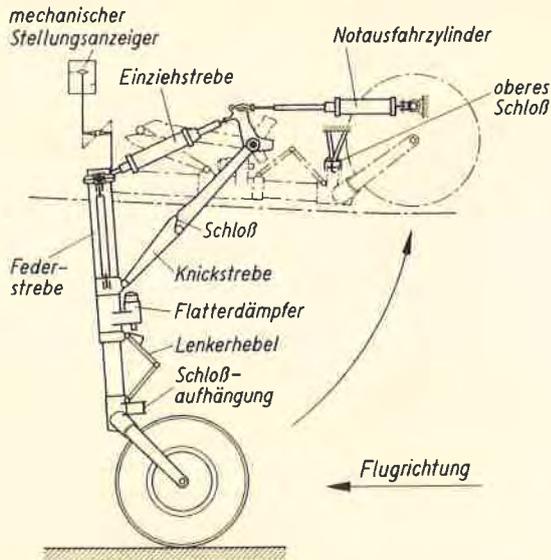


Bild 1.32 Einziehvorgang des Bugrads der IL 14

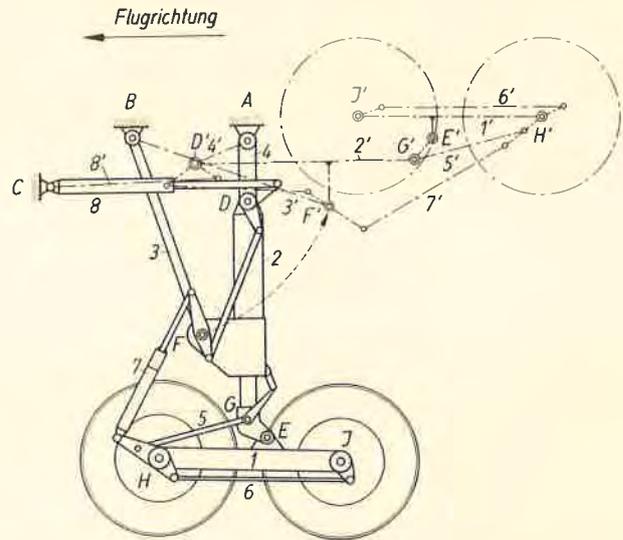


Bild 1.34 Einziehvorgang des Hauptfahrwerks der Tu 104 (genauer kinematischer Vorgang)

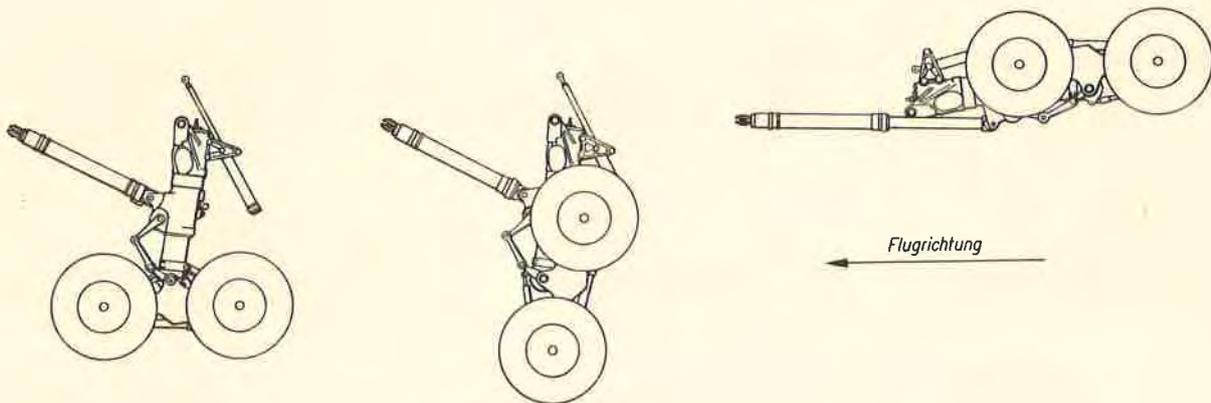


Bild 1.33 Einziehvorgang des Hauptfahrwerks der Bristol "Britannia"

Praktische Ausführungen heute üblicher Einziehfahrwerke zeigen die Bilder 1.32 bis 1.34.

An jedem einziehbaren Fahrwerk muß eine Notauslösung vorhanden sein. Sie besteht aus einem Hebel, der mit dem Verriegelungskolben verbunden ist und über einen Seilzug oder ein Gestänge betätigt wird.

An der Verriegelung befinden sich elektrische Schaltelemente, die den Flugzeughführer über die Lage des Fahrwerks optisch und akustisch unterrichten. So kann

z.B. beim "Gaswegnehmen" ein akustisches Signal ertönen, das den Piloten auf das Fahrwerk aufmerksam macht und nicht eher verstummt, bis dieses völlig ausgefahren ist. Außerdem leuchten am Instrumentenbrett im allgemeinen rote bzw. grüne Lampen auf.

Bei Ausfall einer Ölpumpe kann eine Notanlage Kraftstoff aus den Behältern entnehmen und ihn als Druckflüssigkeit verwenden.

1.4.5.2. Einziehrichtungen

i n d e n F l ü g e l n a c h i n n e n

Das Fahrwerk ist in einem gewissen Abstand vom Rumpf am Tragflügel befestigt und wird durch eine Einziehstrebe nach innen zum Rumpf zu eingefahren und verschwindet im Flügel (Bild 1.35a), z.B. Mig 15. Diese Anordnung ergibt den Vorteil einer größeren Spurweite und damit einer besseren Rollstabilität.

i n d e n F l ü g e l n a c h a u ß e n

Die Befestigungsebene des Fahrwerks darf von der Rumpflängsachse einen nicht so großen Abstand besitzen, da sonst beim Einziehen des Fahrwerks nach außen die Flügeldicke nicht mehr zur Aufnahme des Rads ausreichen würde. Um die Spurweite zu vergrößern, kann das Fahrwerk etwas nach außen gestellt werden (Bild 1.35b), z.B. Me 109. Da bei dieser Ausführung im Falle einer Schiebelandung, bei Seitenwind und bei Bodenunebenheiten eine gewisse Kippgefahr besteht, wendet man sie nur bei kleinen Flugzeugen an.

i n d e n F l ü g e l n a c h h i n t e n

Bei manchen Sport- und Schulflugzeugen wird das Fahrwerk auch nach hinten in den Flügel eingezogen. Infolge der geringen Dicke des Profils steht das Rad aber meistens ein Stück aus der Profilkontur heraus (Bild 1.35c), z.B. Jak 18. Dieser Zustand kann dadurch vermieden werden, daß das Rad während des Einziehvorgangs durch eine entsprechende Kinematik um 90° gedreht wird, so daß es sich flach in den Flügel legt.

i n d e n F l ü g e l n a c h v o r n

In seltenen Fällen wird das Fahrwerk nach vorn in den Flügel eingezogen. Da auch bei dieser Ausführung das Rad teilweise aus der Profilkontur herausragt, muß es entweder um 90° gedreht oder durch eine aerodynamisch günstige Verkleidung abgedeckt werden (Bild 1.35d), z.B. Ju 60.

i n d i e T r i e b w e r k g o n d e l n a c h v o r n

Das Fahrwerk wird in den Raum zwischen Brandschott und Befestigungsspannt eingezogen, in dem es vollständig verschwindet (Bild 1.35e), z.B. IL 14. Diese Konstruktion verlangt aber einen verhältnismäßig langen Triebwerkvorbau, der nicht immer zur Verfügung steht.

i n d i e T r i e b w e r k g o n d e l n a c h h i n t e n

Am häufigsten wird das Fahrwerk nach hinten in den freien Raum hinter dem Brandschott oder dem Befestigungsspannt eingezogen. Ist genügend Bauhöhe in der auslaufenden Triebwerkverkleidung vorhanden, so wird das Rad in seiner ganzen Höhe eingezogen. Es verschwindet dann vollkommen in der Verkleidung (Bild 1.35f), z.B. Super Aero, oder steht bei langsameren Flugzeugen ein Stück

heraus. Bei aerodynamisch sehr hochwertigen Flugzeugen, bei denen jeder schädliche Luftwiderstand vermieden werden muß, wird das Rad während des Einziehvorgangs um 90° gedreht, so daß es sich flach in den Gondelraum legen kann (Bild 1.35g). Bei dieser Ausführung kann die Triebwerkverkleidung schlanker

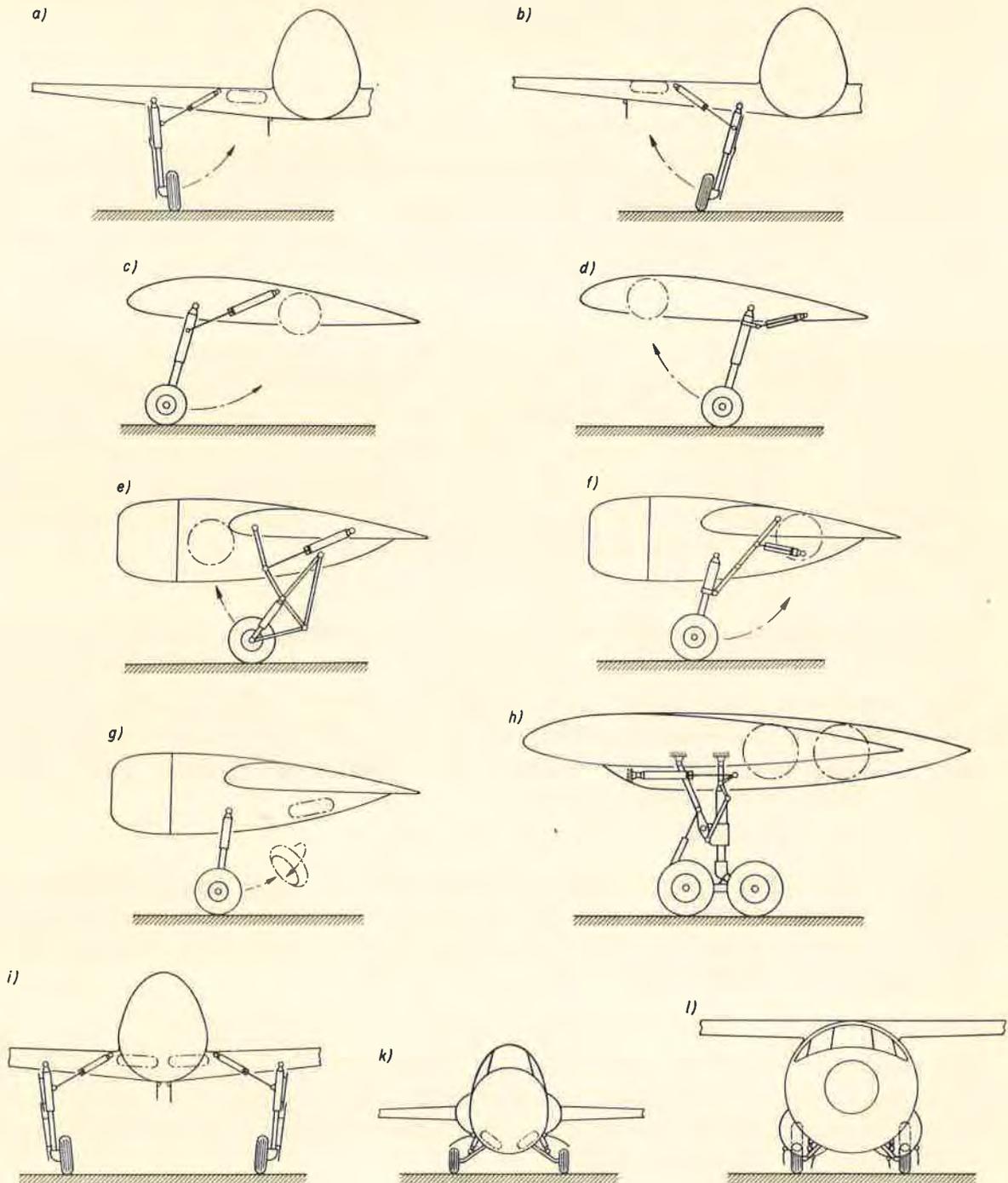


Bild 1.35 Fahrwerk-Einziehrichtungen

- | | |
|--|---|
| a) in den Flügel nach innen | g) in die Triebwerksgondel nach hinten
(90° Drehung) |
| b) in den Flügel nach außen | h) in eine Fahrwerksgondel |
| c) in den Flügel nach hinten | i) } in den Rumpf |
| d) in den Flügel nach vorn | k) } |
| e) in die Triebwerksgondel nach vorn | l) } |
| f) in die Triebwerksgondel nach hinten | |

gehalten werden. Jedoch muß ein zusätzlicher konstruktiver Aufwand für die Drehkinematik in Kauf genommen werden, z.B. Ju 88.

i n e i n e F a h r w e r k g o n d e l

Bei einigen größeren meistens strahlgetriebenen Flugzeugen, bei denen die Triebwerke seitlich am Rumpf in der Flügelwurzel liegen und auch die Profildicke sehr gering ist, wird das Hauptfahrwerk in besondere Gondeln eingezogen. Diese Fahrwerksgondeln liegen in einem mehr oder weniger großen Abstand vom Rumpf im hinteren Teil der Flügeltiefe und sind aerodynamisch bestmöglich gestaltet (Bild 1.35h), z.B. Tu 104. Die Gondeln können aber auch wie bei der 152 II als Teil der Triebwerksgondeln an deren Enden angebaut sein.

i n d e n R u m p f

Wenn die Profildicke des Tragflügels nicht ausreicht, wird das Hauptfahrwerk sehr häufig im Rumpf untergebracht. Bei kleinen einmotorigen Tiefdeckern befindet sich die Befestigungsebene des Fahrwerks seitlich von der Rumpflängsachse im Tragflügel. Die Räder schlagen dann entweder in die Rumpfunterseite ein (Bild 1.35i) oder sie verschwinden in der Rumpfseitenwand. Nur die Fahrwerkstreben müssen in der Fläche untergebracht werden, wofür die Profildicke im Bereich der Tragflügelwurzel im allgemeinen noch ausreicht. Bei Mittel- und Schulterdeckern wird unter diesen Bedingungen das Fahrwerk in der Rumpfseitenwand gelagert (Bild 1.35k), z.B. F 104 "Starfighter". Allerdings erfordert das für den Einziehvorgang einen komplizierten Knick- und Faltmechanismus. Bei einigen großen Transportflugzeugen bilden die Fahrwerkverkleidungen große Wülste an der unteren Rumpfseitenwand (Bild 1.35l), z.B. An 10.

1.4.5.3. Fahrwerkabdeckungen

Bei Einziehfahrwerken sind Abdeckungen erforderlich, die in eingefahrenem Zustand die Öffnungen im Tragflügel und im Rumpf verschließen, um den aerodynamischen Bedingungen einer ungestörten Oberfläche zu genügen.

Diese Abdeckungen sind als versteifte Blechfelder aufgebaut. Sie müssen Beanspruchungen aufnehmen können, die sich aus den Luftkräften ergeben. Hierbei dürfen keine Verformungen auftreten, da sich sonst Schwierigkeiten beim Einziehen des Fahrwerks ergeben.

Bei kleinen Flugzeugen sind die Abdeckbleche gleich an der entsprechenden Seite der Federstrebe und des Rads befestigt (Bild 1.36, Seite 27). Die Bleche müssen hierbei geteilt sein und sich über- oder ineinanderschoben lassen, um beim Einfedern des Fahrwerks die sich dabei ergebende Längenänderung zu berücksichtigen. Da die Abdeckungen der Räder im eingefahrenen Zustand über diese hinausragen sollen, muß beim Rollen auf dem Boden für eine entsprechende Freigängigkeit gesorgt werden. Man kann sie auf drei Arten erreichen:

1. Bei langsamen Flugzeugen wird das untere Drittel der Räder von der Abdeckung frei gelassen, so daß im eingefahrenen Zustand an der Unterseite des Flugzeugs eine Öffnung bleibt. Die dadurch entstehende widerstandserhöhende Strömungsstörung wird dabei in Kauf genommen (Bild 1.37a).
2. Das untere Drittel der Räder wird ebenfalls von der fahrwerkfesten Abdeckung frei gelassen. Das fehlende Teil der Abdeckung wird am Rumpf oder am

Tragflügel angelenkt und schließt beim Einziehen die Öffnung (Bild 1.37b). Diese Methode ist heute allgemein üblich und wird auch bei großen Flugzeugen angewandt.

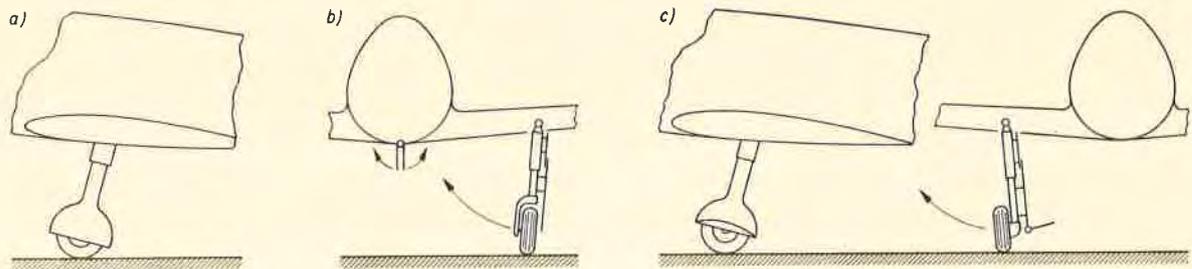


Bild 1.37 Radabdeckungen

- a) Radabdeckung unten offen
- b) Abdeckblech am Rumpf
- c) Radabdeckung seitlich weggeklappt

3. Der untere Teil der Abdeckung ist drehbar angelenkt und wird am Boden durch eine Kinematik seitlich weggeklappt (Bild 1.37c).

Bei Flugzeugen, bei denen das Fahrwerk in Gondeln oder in den Rumpf eingezogen wird, sind die Abdeckbleche als Klappen ausgebildet und am Rumpf oder an den

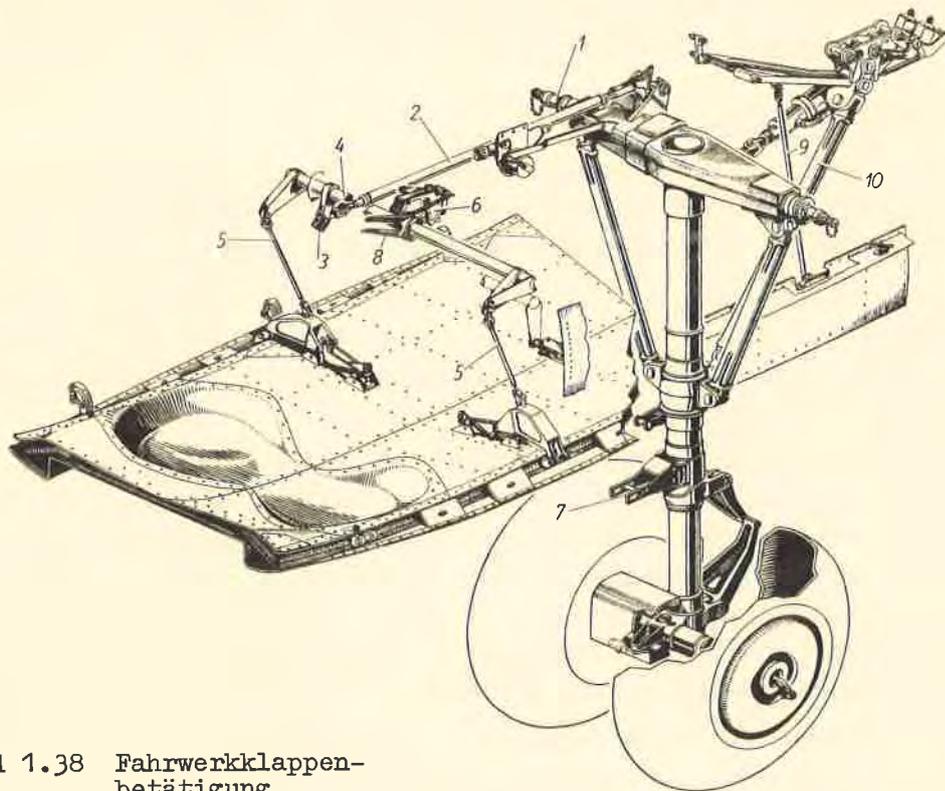


Bild 1.38 Fahrwerkklappen-
betätigung

Tragflügeln drehbar befestigt. Sie werden durch das einfahrende Fahrwerk über ein Hebelsystem so bewegt, daß sie die Öffnungen nach außen hin abschließen.

Bild 1.38 zeigt die Klappensteuerung eines Hauptfahrwerks der IL 14 P. Beim Einfahren des Fahrwerks nimmt die Drehachse (1) eine mit ihr verbundene Stange (2) mit. Dadurch wird über einen Hebel (3) die Welle (4) in Pfeilrichtung gedreht und zwei weitere Stoßstangen (5) öffnen die beiden Klappen, so daß das Fahrwerk einfahren kann. Kurz vor der Arretierung im Schloß (6) greift das Steuerböckchen (7) in den jetzt senkrecht nach unten zeigenden Kulissenhebel (8) ein, dreht diesen und damit die Welle (4) entgegen der Pfeilrichtung, so daß die Klappen wieder geschlossen werden. Gleichzeitig wird über einen Hebel (9) die hintere Klappe angetrieben und der Raum zur Unterbringung der Stützstrebe (10) abgedeckt.

1.4.6. Bauteile des Fahrwerks

1.4.6.1. Radkörper

Zu Beginn des Flugzeugbaus wurden Drahtspeichenräder verwendet, die man aus aerodynamischen Gründen schließlich noch mit Stoff bespannte. Bremsen waren noch keine vorhanden. Erst viel später wurden Vollscheibenräder aus Leichtmetall entwickelt. 1926 entstand das erste Elektrongußrad. Seine beiden Felgenhälften waren zusammenschraubt und mit stählernen Laufbuchsen versehen. Außerdem wurden Radkonstruktionen aus geschweißten Stahlblechen entwickelt. Durch die Verwendung von Wälzlagern konnte auch eine höhere Tragfähigkeit bei kleinem Gewicht und geringer Lagerreibung erreicht werden. Das Eindringen von Sand und Staub wurde bereits durch eine gute Abdichtung ausgeschlossen. Fettfangkappen sorgten beim Laufen immer für einen ausreichenden Fettvorrat.

Heute bestehen die Radkörper fast ausschließlich aus Leichtmetallguß. Dadurch werden ein minimales Gewicht und ein kleines Trägheitsmoment erreicht. Die Radachsen sind vorwiegend in Kegelrollenlagern gelagert. Sie gewährleisten einen geringen Reibungswiderstand und können auch die Seitenkräfte aufnehmen, die sich bei Schiebelandungen ergeben. Nur bei kleinen Flugzeugen mit geringen Ansprüchen laufen die im Radkörper fest eingezogenen Buchsen unmittelbar auf der Fahrgestellachse.

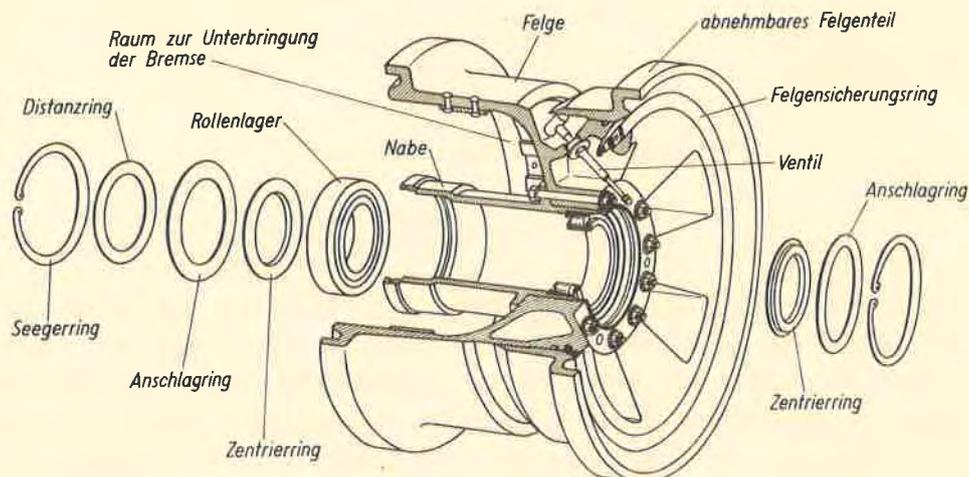


Bild 1.39 Flugzeug-Radkörper

Ein Merkmal heutiger Radkörper ist die verhältnismäßig große Breite der Felgen. Sie ist erforderlich, um vor allem bei der Landung durch eine große Berührungsfläche zwischen Reifen und Boden die Bodenbelastung nicht zu stark anwachsen zu lassen.

Die Innenseite der Felgen ist meistens angerautt oder geriffelt, um beim Landestoß ein Rutschen der Reifen auf ihnen zu verhindern, da andernfalls die Schlauchventile herausgerissen würden.

Bild 1.39 (Seite 23) zeigt den Aufbau eines modernen Flugzeugradkörpers aus einer Magnesiumlegierung. Zum Aufziehen des Reifens wird ein Teil der Felge abgenommen und dann wieder mit einem Sicherungsring befestigt.

1.4.6.2. Reif en

Es wird heute im wesentlichen zwischen Hochdruckreifen, Mitteldruck- bzw. Ballonreifen und Hochleistungsreifen unterschieden (Bild 1.40). Ihre äußeren Abmessungen werden durch das Formverhältnis $\varphi = \frac{D}{d}$ (Reifendurchmesser zu Reifenbreite) ausgedrückt.

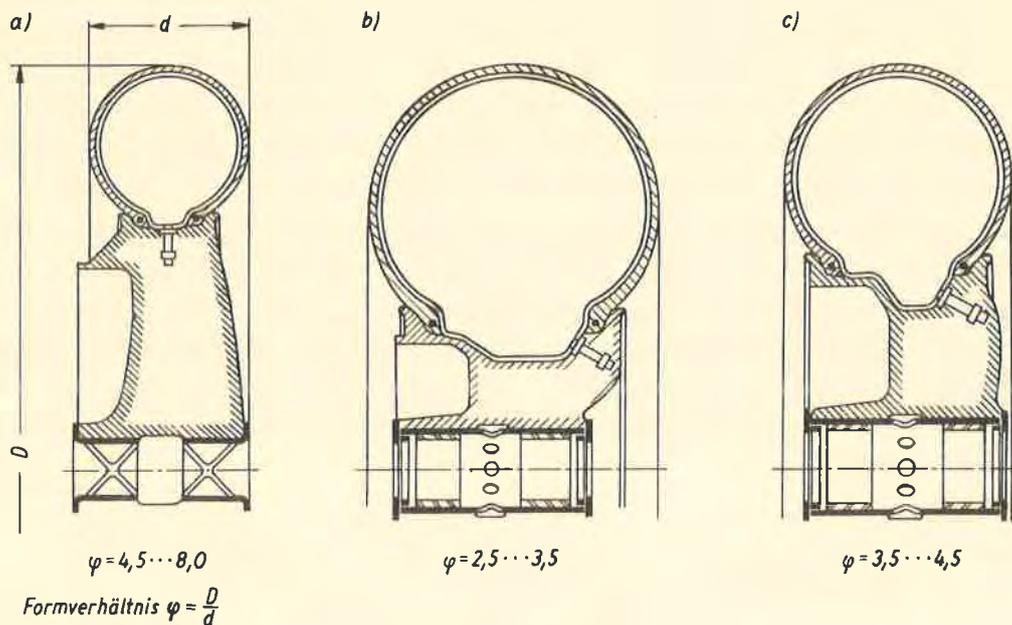


Bild 1.40 Flugzeugräder

- a) Hochdruckreifen
- b) Ballonreifen
- c) Hochleistungsreifen

Hochdruckreifen besitzen einen Fülldruck von 7 bis 18 kp/cm². Da sie sehr steif und relativ schmal sind, ergeben sich aber bei den heute üblichen hohen Fluggewichten sehr starke Bodendrücke. Unter dem Bodendruck versteht man die Belastung je cm² eingedrücktens Reifens. Hochdruckreifen wurden früher verwendet, als die Flugzeuge noch nicht so hohe Gewichte besaßen.

Am häufigsten werden z.Z. Ballonreifen mit einem Innendruck von etwa 5 kp/cm² verwendet. Ihr Bodendruck ist wesentlich geringer, und in

gestellten Forderungen sind

- größte Betriebssicherheit, z.B. Dichtigkeit aller beweglichen Teile,
- geringes Gewicht,
- großes Arbeitsaufnahmevermögen für die bei Start und Landung auftretenden Kräfte, jedoch keine zu hohen Endkräfte in der Strebe,
- gute Dämpfung zur Vermeidung des Springens des Flugzeugs bei der Landung,
- weiche Federung beim Rollen, d.h. große Federwege,
- einfache Wartung.

Als elastische Mittel zur Aufnahme der Landestöße werden heute in erster Linie Luft und Öl verwendet. Aber auch Gummi und Stahl (in Form verschiedener Federn) sind noch anzutreffen. Zur Dämpfung werden Flüssigkeitsdrosseln, Luftdämpfer oder mechanische Reibungsbremsen verwendet.

Schraubenfederstrebe

Innerhalb zweier teleskopartig ineinander gleitender Rohre befindet sich eine Schraubenfeder, die bei Belastung der Strebe zusammengedrückt werden muß. Häu-

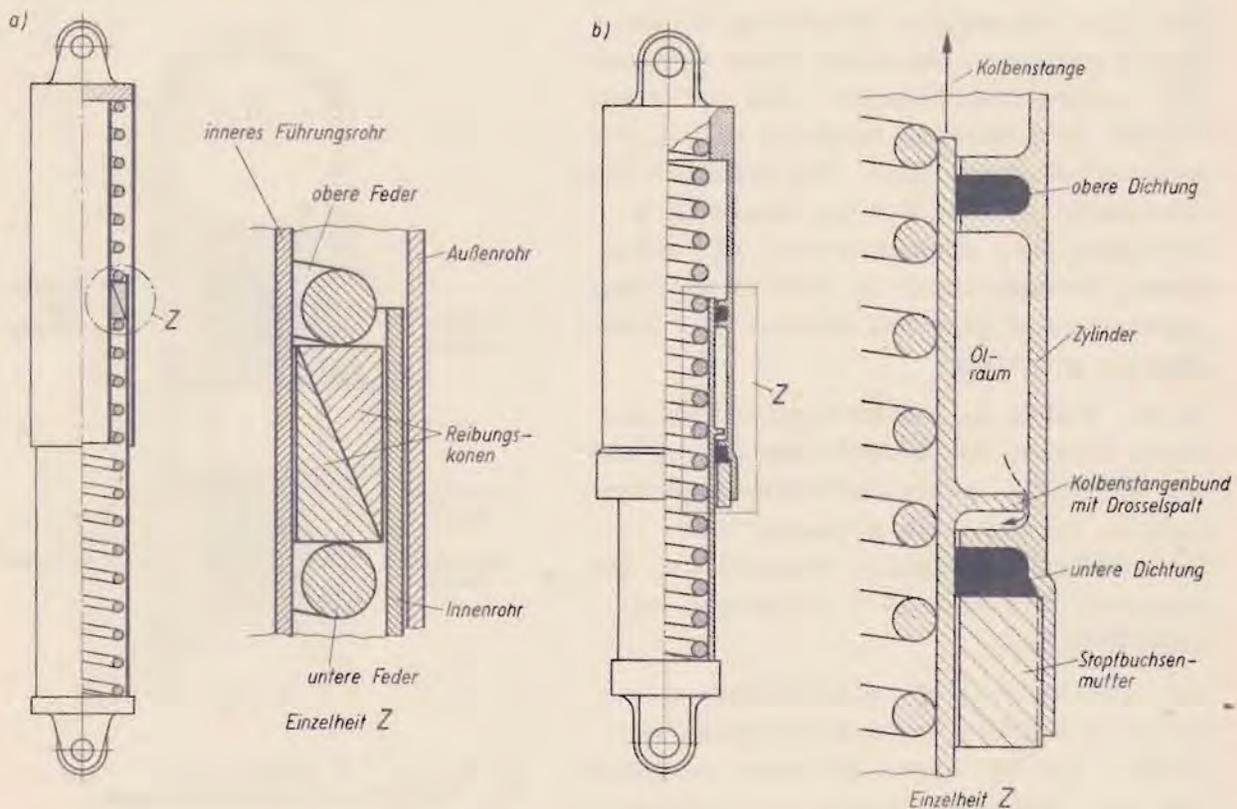


Bild 1.48 Schraubenfederstrebe

- a) Dämpfung durch Reibungskonen
- b) Öldämpfung

fig sind auch zwei getrennte Federn unterschiedlicher Kraft enthalten, wobei im Betrieb erst die eine und dann die andere Feder zusammengedrückt wird. Zur

der Anordnung als Mehrrad-Fahrwerk können auch die größten heute üblichen Fluggewichte aufgenommen werden, ohne den Boden über ein erlaubtes Maß hinaus zu belasten. Ballonreifen besitzen infolge ihres geringeren Innendrucks auch einen größeren Federweg, was für Landung und Überrollen von Bodenhindernissen günstig ist. Schließlich sind die kleinen und gedrungenen Radkörper auch fester und steifer.

Für einige spezielle Fälle schneller Flugzeuge wurden sogenannte *H o c h - l e i s t u n g s r e i f e n* entwickelt. Sie liegen bezüglich ihrer Belastbarkeit zwischen den Hochdruck- und Ballonreifen. Ihre auch noch ziemlich flache Form erlaubt den Einsatz bei Einziehfahrwerken, für die der Raum im Rumpf oder in den Flügeln nur knapp bemessen ist.

Die absolute Reifengröße ergibt sich aus der zulässigen Bodenbelastung. Sie hängt von der Beschaffenheit der zu benutzenden Flugplätze ab. Folgende Werte sind hierfür zugrunde zu legen:

Sandboden	2	kp/cm ² ,
Grasnarbe	4,5	kp/cm ² ,
Betonbahnen	bis 25	kp/cm ² .

Bild 1.41 zeigt den Schnitt durch einen herkömmlichen Flugzeugreifen mit Schlauch. Neuerdings werden auch schlauchlose Reifen verwendet. Hierbei ist

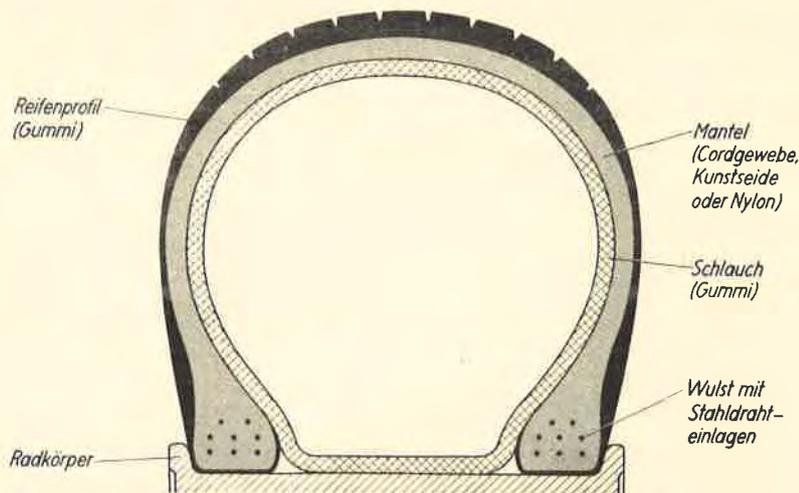


Bild 1.41 'Schnitt durch einen Flugzeugreifen

die Reifeninnenseite mit einer luftundurchlässigen Gummischicht belegt.

Im Bild 1.42 (Seite 27) sind einige übliche Reifenprofilformen mit ihren zugehörigen Einsatzbereichen dargestellt.

1.4.6.3. Radbremse

Die im Radkörper eingebaute Bremse hat zwei Aufgaben zu erfüllen. In erster Linie dient sie dazu, die Landeenergie aufzunehmen und den Landeauslauf wesentlich zu verkürzen. Zum anderen soll sie das Flugzeug beim "Abbremsen" der Triebwerke blockieren.

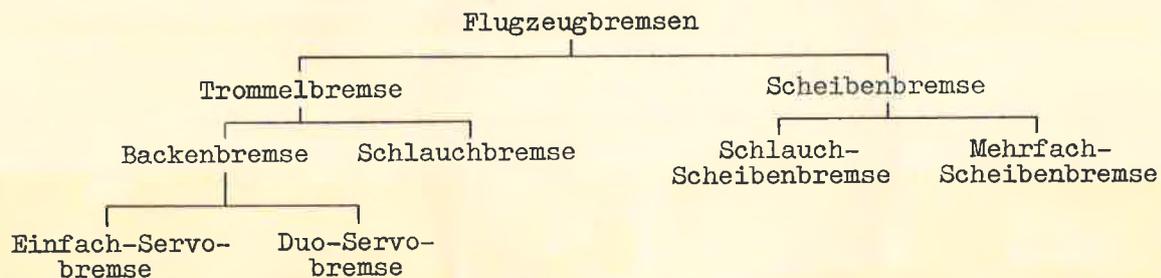
Im Laufe der Zeit wurde die Erfahrung gewonnen, daß im Durchschnitt etwa 20 Prozent der kinetischen Energie eines landenden Flugzeugs durch den Luftwiderstand aufgenommen werden, während 80 Prozent von den Bremsen zu vernichten sind. Dieser größere Teil der Landeenergie muß gleichmäßig auf alle Räder verteilt werden, um ungleiche Belastungen der Räder und Überhitzungen der Bremsen zu vermeiden.

Als Maximum der Aufheizung sollen am Ende des Bremsvorgangs an den Bremstrommeln 450°C nicht überschritten werden, sonst werden der Bremsbelag zerstört und die Leichtmetallräder sowie die Gummireifen überhitzt. Die Bremsen müssen daher in der Lage sein, die bei der Umwandlung der Landeenergie entstehende Wärme weitgehend abzuführen.

Bremst der Pilot zu Beginn des Bremsvorgangs zu scharf oder ist die Landebahn feucht, so können die Bremsen blockiert werden und die Reifen zu rutschen beginnen. Dabei werden die Reifen stark abgerieben und u.U. völlig zerstört. Um das zu vermeiden, werden Bremsautomaten verwendet. Sie setzen in dem Augenblick, in dem die Räder zu rutschen beginnen, automatisch den Bremsdruck herab, so daß die Räder wieder zum Laufen kommen. Diese Bremsautomaten wirken daher praktisch als "Entbremsungsautomaten".

Genügen die Bremsen infolge ihrer konstruktiv bedingten geringen Größe nicht den Anforderungen, so müssen zusätzlich andere Bremshilfen angewendet werden, wie Bremsfallschirme, Luftbremsen oder die Schubumkehr bei Strahltriebwerken.

Nach der Ausführung von Flugzeugbremsen kann man folgende Arten unterscheiden:



Den Trommelbremsen ist gemeinsam, daß gegen die Innenseite einer mit dem Radkörper rotierenden Metalltrommel ein Bremsbelag gepreßt wird, der auf einem mit der Nabe des Rads fest verbundenen Bremsschild sitzt. Der Bremsbelag ist hierbei entweder auf beweglichen Bremsbacken oder auf einem aufblasbaren Schlauch befestigt.

Bei den Scheibenbremsen wird eine feste Scheibe gegen eine rotierende gedrückt. Zur Erzielung höherer Bremsleistungen können auch mehrere feststehende und bewegliche Scheiben lamellenartig angeordnet sein.

Backenbremse

Der Aufbau der Einfach-Servo-bremse geht aus Bild 1.43a hervor. Die beiden Bremsbacken sind unabhängig voneinander am Bremsschild befestigt und werden auch getrennt durch zwei gleichgroße meistens mit Öldruck arbeitende Bremszylinder angetrieben. Dabei ist darauf zu achten, daß beide Bremsbacken gleichmäßig wirken.



Bild 1.42 Flugzeugreifen-Profilformen
 Profil mit halbkugelförmigen Vertiefungen
 zur Vermeidung des Abspringens von Steinen

Rippenprofil
 Normalform

Blockprofil
 für vereiste Bahnen

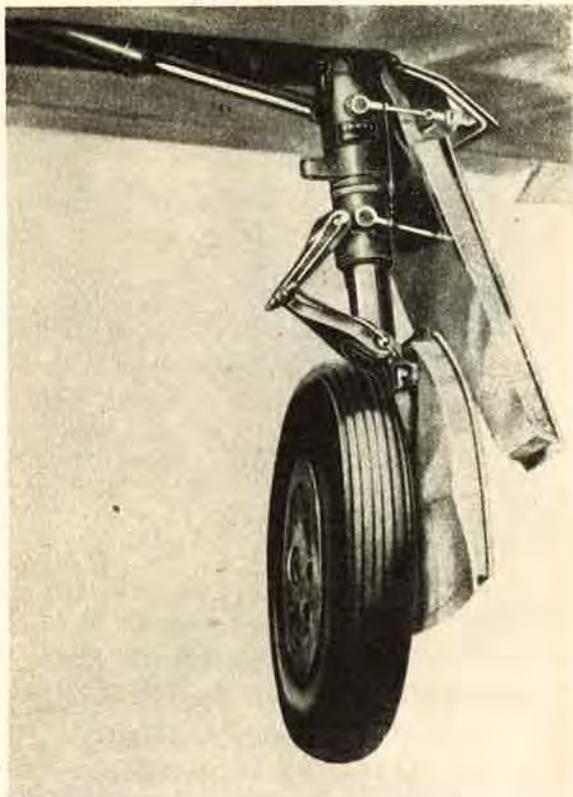


Bild 1.36 Fahrwerk mit Abdeckblechen

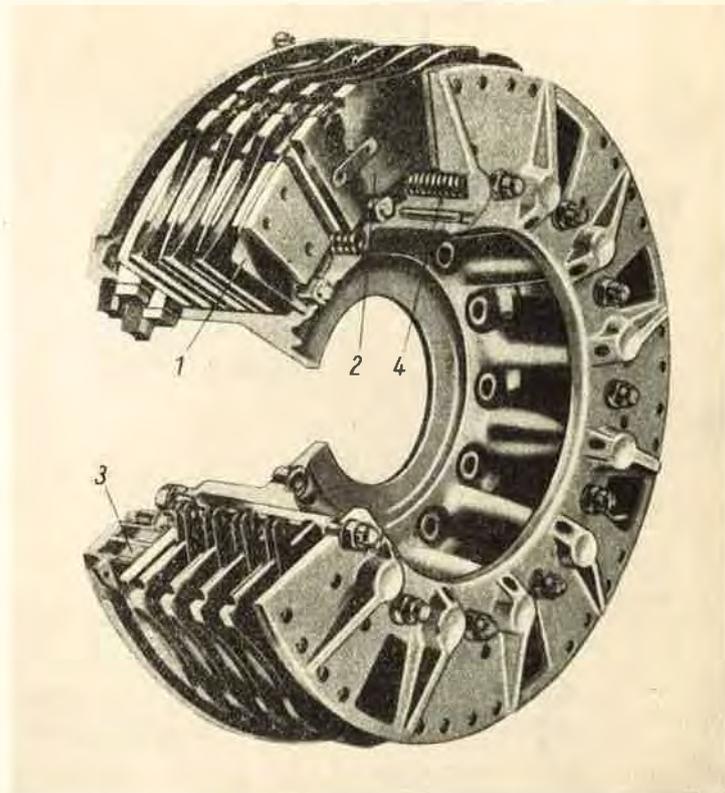


Bild 1.47 Mehrfach-Scheibenbremse (System Bendix)

- 1 feststehende Scheiben mit Bremsbelag
- 2 rotierende Scheiben
- 3 Bremszylinder
- 4 Rückholfeder

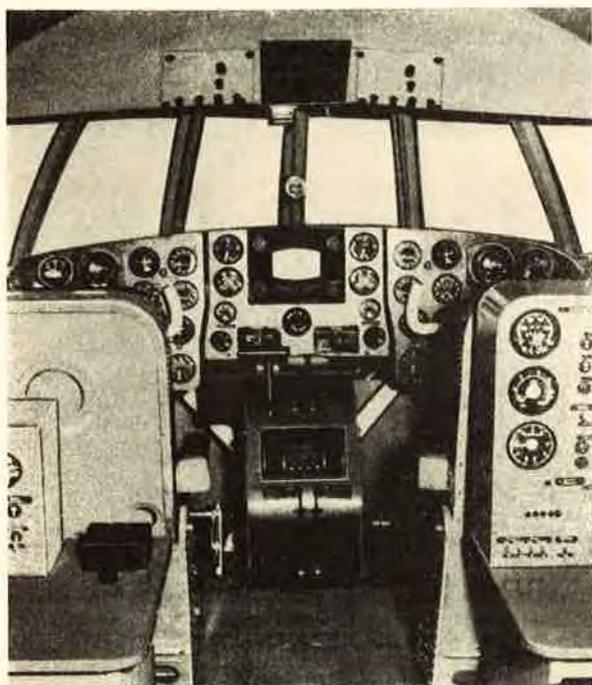


Bild 2.3 Besatzungsraum
 eines modernen PTL-Verkehrsflugzeugs

- 1. Pilot
- Bordfunker
- 2. Pilot
- Bordingenieur



Bild 2.4 Besatzungsraum
 eines älteren Kolbenmotor-Verkehrsflugzeugs

- 1. Pilot
- Bordfunker (nicht sichtbar)
- 2. Pilot
- Bordingenieur

Bei der Duo-Servobremse (Bild 1.43b) wird nur eine Bremsbacke von einem Bremszylinder angetrieben. Dabei ist das eine Ende der zweiten

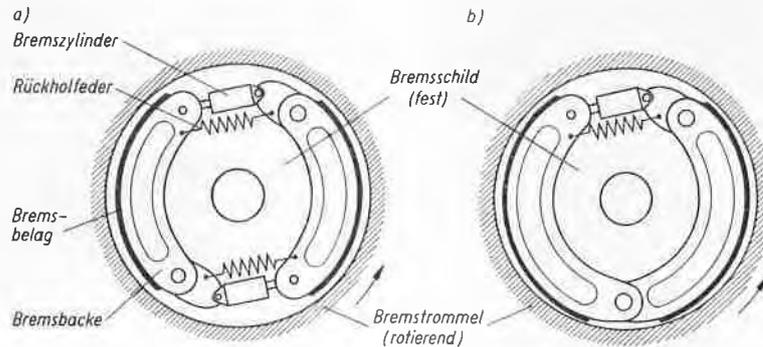


Bild 1.43 Backenbremse

- a) Einfach-Servobremse
- b) Duo-Servobremse

Bremsbacke an der ersten Bremsbacke gelenkig gelagert, während das andere Ende am Bremsschild befestigt ist. Die an der ersten Bremsbacke entstehende Normalkraft und die Reibungskraft erzeugen im Gelenkpunkt der beiden Backen eine Auflagerkraft, die als Betätigungskraft für die zweite Backe ausgenutzt wird. Die Bremswirkung der ersten Backe tritt daher an der zweiten Backe nochmals verstärkt auf, so daß sie doppelt ausgenutzt wird. Nach Beendigung des Öldrucks in den Bremszylindern werden die Bremsbacken durch Rückholfedern von den Trommeln abgehoben und zurückgezogen.

Während die meisten Bremsen als Öldruckbremsen arbeiten, sind bei höheren Fluggewichten auch kombinierte Öl-Luft-Bremsen im Gebrauch. Die Betätigung dieser Öl-Luft-Druckbremsen erfolgt durch einen gesonderten Druckzylinder oder durch ein Fußpedal mit kombinierter Druckzylinderanordnung.

Für Schul- und Sportflugzeuge werden die Bremsen auch häufig mechanisch durch Bowdenzüge vom Fußpedal aus betätigt.

Schlauchbremse

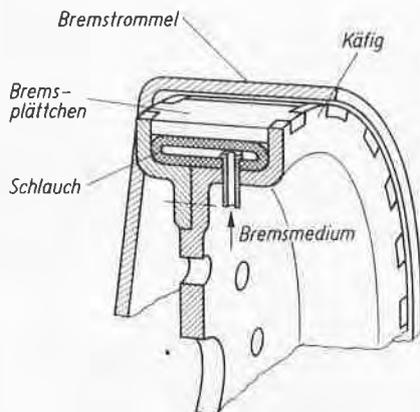


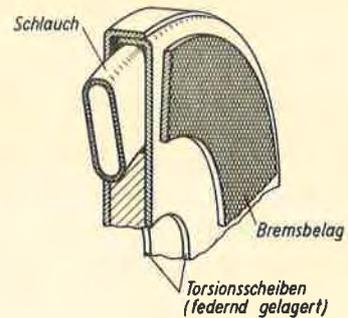
Bild 1.44 Schlauchbremse

Die früher viel verwendete Schlauchbremse ist verhältnismäßig leicht und sehr einfach im Aufbau. Die Reibungswirkung an der Bremstrommel wird durch eine große Anzahl von Bremsbelagplättchen erzeugt, die auf einem Gummischlauch aufvulkanisiert und in den Aussparungen eines Bremskäfigs geführt sind (Bild 1.44). Der Bremskäfig dient gleichzeitig zur Aufnahme des Gummischlauchs und ist zweiteilig ausgeführt, um ein Auswechseln des Bremsschlauchs zu erleichtern. Der Schlauch wird bei Betätigung der Bremse durch Luft- oder Öldruck aufgeblasen und preßt die Bremsbelagplättchen gegen

die Bremsstrommel. Das auftretende Bremsmoment wird durch die Aussparungen im Bremskäfig von den Plättchen unmittelbar auf den Bremschild und von diesem auf das Fahrwerk übertragen. Ohne den Bremskäfig würden die Bremsplättchen durch die auftretenden Reibungskräfte mitgenommen und der Schlauch zerrissen werden. Diese Schlauchbremse wird heute kaum noch verwendet.

Schlauch-Scheibenbremse

Die zunehmenden Bremsleistungen erforderten eine Vergrößerung der die Reibungswärme ableitenden Oberflächen bei möglichst geringerem Gewicht. So entstand zunächst die Schlauch-Scheibenbremse (Bild 1.45). Zwischen zwei Torsionsscheiben befindet sich der aufblasbare Schlauch, der die Scheiben mit ihren Bremsbelägen gegen Stahlscheiben des Bremsgehäuses drückt.

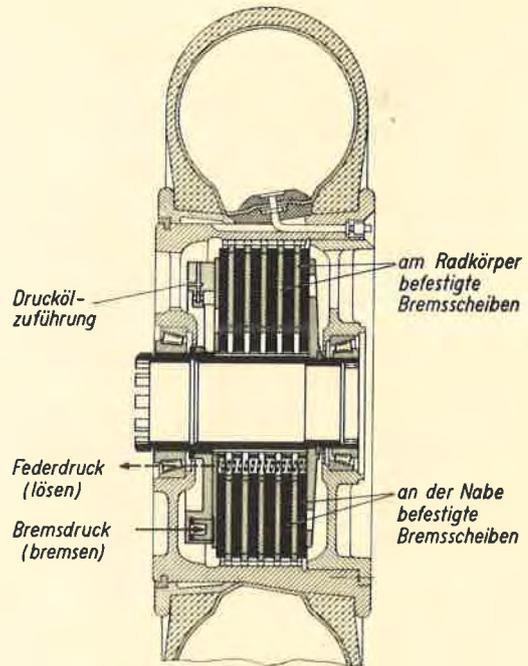


Mehrfach-Scheibenbremse

Bei den meisten großen Flugzeugen werden heute Mehrfach-Scheibenbremsen verwendet (Bild 1.46 und Bild 1.47, Seite 27). Eine Anzahl Stahlscheiben ist mittels Verzahnung im Radkörper gelagert. Zwischen ihnen befinden sich andere Stahlscheiben, die beiderseitig mit Bremsbelägen versehen und an der Radnabe befestigt sind. Die Scheiben sind normalerweise etwa 0,1 mm voneinander entfernt. Beim Bremsen werden sie durch kleine Bremszylinder in axialer Richtung gegeneinander gepreßt, wodurch die Bremswirkung entsteht.

Bild 1.45
Schlauch-Scheibenbremse

Da die Kolben in den Bremszylindern nur einen kleinen Hub auszuführen haben, ist das benötigte Bremsmittelvolumen gering. Dadurch ergeben sich gegenüber den Schlauchbremsen kürzere Bremszeiten, was besonders bei schnellen Flugzeugen von Bedeutung ist.



Als Bremsbelag wird im allgemeinen ein Gewebe aus Asbest- und Kupferfäden verwendet, das mit einer Preßmasse ausgegossen ist. Durch den Einsatz von gesinter-ten metallkeramischen Plättchen kann die aufnehmbare Temperatur von etwa 400 °C noch auf etwa 700 °C gesteigert werden.

Bild 1.46 Flugzeugrad
mit Mehrfach-Scheibenbremse

1.4.6.4. Federstrebe

Die Federstrebe nimmt zusammen mit dem Reifen vor allem die bei der Landung auftretende Stoßarbeit auf. Die bei den hohen Beanspruchungen der Federstrebe

gestellten Forderungen sind

- größte Betriebssicherheit, z.B. Dichtigkeit aller beweglichen Teile,
- geringes Gewicht,
- großes Arbeitsaufnahmevermögen für die bei Start und Landung auftretenden Kräfte, jedoch keine zu hohen Endkräfte in der Strebe,
- gute Dämpfung zur Vermeidung des Springens des Flugzeugs bei der Landung,
- weiche Federung beim Rollen, d.h. große Federwege,
- einfache Wartung.

Als elastische Mittel zur Aufnahme der Landestöße werden heute in erster Linie Luft und Öl verwendet. Aber auch Gummi und Stahl (in Form verschiedener Federn) sind noch anzutreffen. Zur Dämpfung werden Flüssigkeitsdrosseln, Luftdämpfer oder mechanische Reibungsbremsen verwendet.

Schraubenfederstrebe

Innerhalb zweier teleskopartig ineinander gleitender Rohre befindet sich eine Schraubenfeder, die bei Belastung der Strebe zusammengedrückt werden muß. Häu-

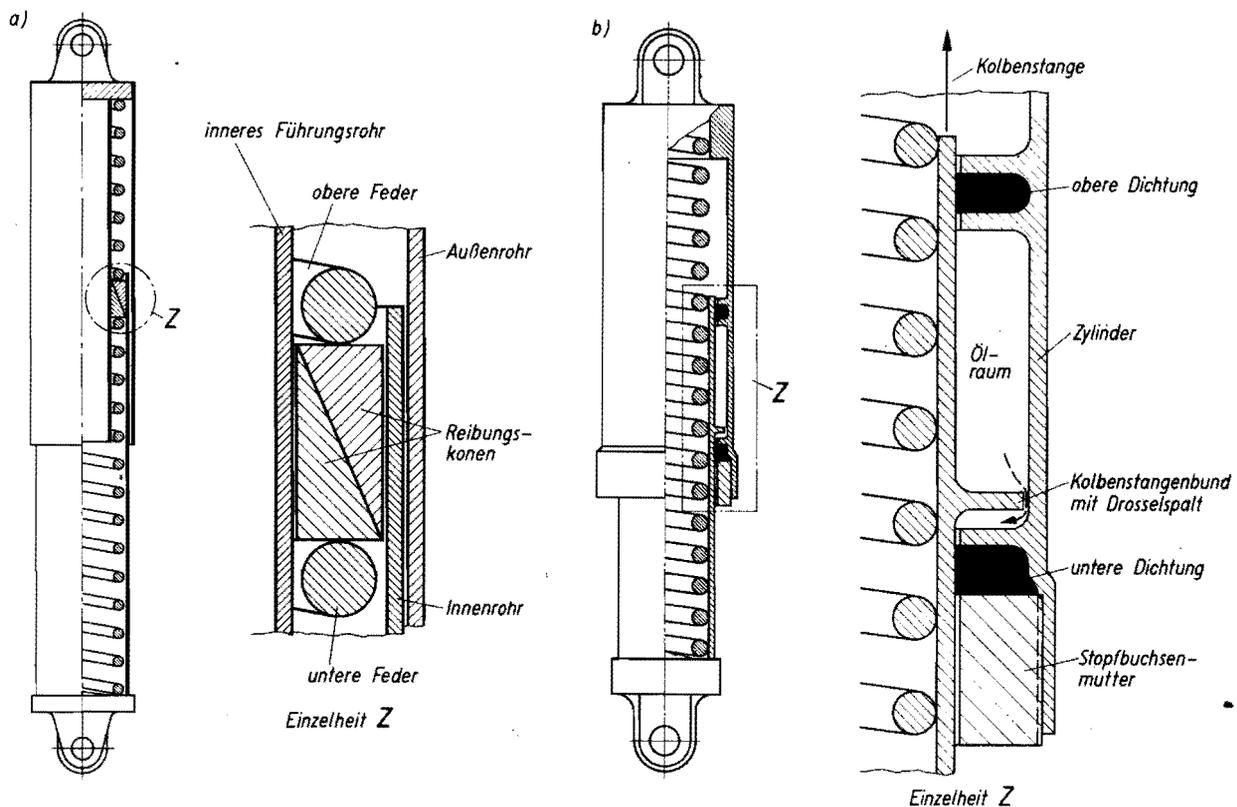


Bild 1.48 Schraubenfederstrebe

- a) Dämpfung durch Reibungskonen
- b) Öldämpfung

fig sind auch zwei getrennte Federn unterschiedlicher Kraft enthalten, wobei im Betrieb erst die eine und dann die andere Feder zusammengedrückt wird. Zur

Rückstoßdämpfung dienen Reibungskonen oder Öl (Bild 1.48). Da fast keine Dichtungselemente vorhanden und die Passungen der ineinander gleitenden Teile verhältnismäßig grob sind, ist die Betriebssicherheit sehr groß und die erforderliche Wartung sehr gering.

Durch ihre robuste Ausführung stellt diese Federstrebe die einfachste und billigste Bauart besonders für kleine Flugzeuge, wie Schul- und Sportflugzeuge, dar.

R i n g f e d e r s t r e b e

Sehr weit verbreitet war die Ringfederstrebe. Sie besteht aus Stahlringfedern mit konischen Reibungsflächen, die als Außen- und Innenringe angeordnet sind und auf Zug bzw. Druck beansprucht werden.

Bei Belastung werden die Außenringe elastisch gedehnt und die Innenringe elastisch gestaucht. Infolge Reibung an den konischen Flächen werden bereits etwa zwei Drittel der aufgenommenen Stoßenergie vernichtet. Die Außenrohre schieben sich beim Einfedern um den Betrag des Federwegs ineinander, und der Zuganker gleitet um die gleiche Strecke in das Einschubrohr (Bild 1.49). Wird die angegebene Maximalbelastung überschritten, so sitzen die Federringe gegenseitig auf, so daß eine Überbelastung ausgeschlossen ist.

Bei der Rückfederung nehmen die Ringfedern ihre Ausgangslage ein und drücken dadurch das Innen- und Außenrohr wieder auseinander.

Ringfederstreben bedürfen keinerlei Wartung. Überholungsarbeiten sind nahezu überflüssig. Auch bei Beschädigung einzelner Ringe ist die Arbeitsaufnahme durch die Federstrebe gewährleistet.

Nachteilig ist das relativ hohe Gewicht der Federstrebe. Außerdem arbeitet diese Federstrebe infolge der großen Dämpfung sehr hart und überträgt erhebliche Stöße auf die Zelle.

L u f t f e d e r s t r e b e

Die Abfederung erfolgt durch ein Luftpolster (etwa 100 kp/cm² Vordruck und bis 450 kp/cm² Enddruck), während die Stoßenergie durch eine Luftdrosselung aufgenommen wird.

Bei der in Bild 1.50a gezeigten Ausführung wird bei der Einfederung des Kolbens das Tellerventil angehoben, und die Luft strömt z.T. in den ringförmigen Dämpfungsraum. Beim Rückfedern schließt sich das Ventil, und die Luft kann nur

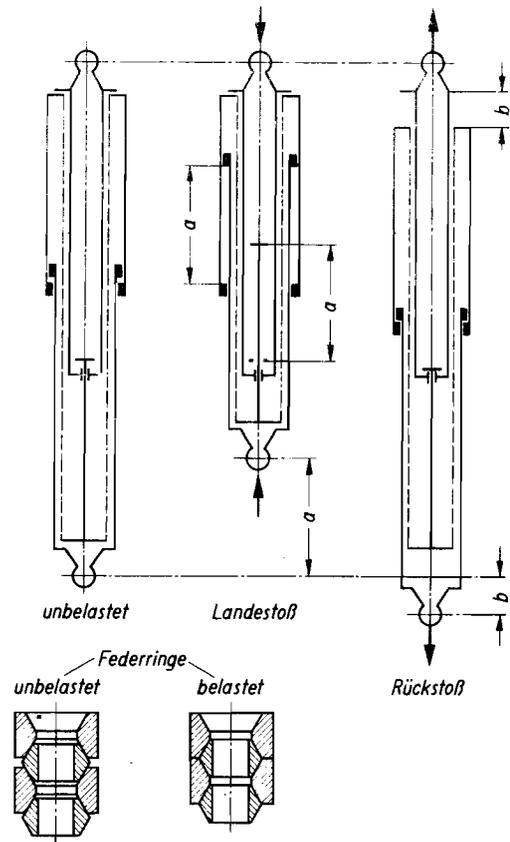


Bild 1.49 Ringfederstrebe

langsam durch die Drosselbohrung zurückströmen.

Die Luftfederstrebe nach Bild 1.50b besitzt zwei getrennte Verdichtungsräume. Es wird sowohl die Luft im Raum A als auch im Raum B komprimiert. Durch Über-

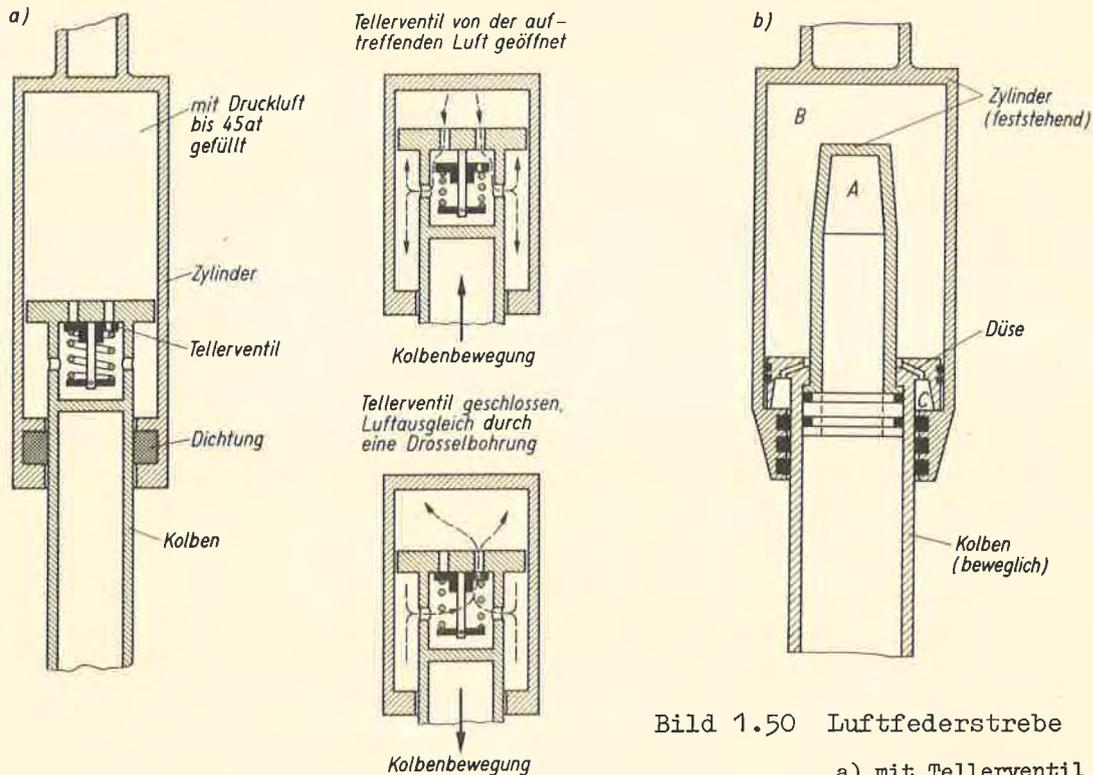


Bild 1.50 Luftfederstrebe

- a) mit Tellerventil
- b) mit zwei getrennten Verdichtungsräumen

gangsdüsen im Kolbenbund strömt dabei Luft vom Raum B in den Ringraum C, wodurch schon ein Teil der Stoßenergie aufgenommen wird. Die Rückfederung wird dann durch das allmähliche Ausströmen der Luft aus dem Raum C in den Raum B gedämpft.

Mit Luftfederstreben wird ein sehr weiches Rollen erzielt. Außerdem liegen diese Federstreben gewichtsmäßig günstig. Nachteilig sind aber der hohe Betriebsdruck sowie die erforderlichen großen Lufträume.

Ö l - L u f t - F e d e r s t r e b e

Häufig wird z.Z. die Öl-Luft-Federstrebe angewendet. Zur Abfederung dient ein Luftpolster, während die Dämpfung durch Öl erfolgt.

Bei der im Bild 1.51 dargestellten Ausführung bewirkt der einfedernde Kolben eine weitere Verdichtung der im Zylinderoberteil enthaltenen Druckluft. Der Vorgang läuft zunächst mit geringer Dämpfung ab, da das Öl leicht durch ein Ringventil in den freiwerdenden Ringraum überströmen kann. Bis zu der gezeichneten Stellung ist die Federung sehr weich und gilt für geringe Beanspruchungen der Federstrebe, z.B. Rollen auf dem Flugplatz. Bei härteren Stößen, z.B. bei der Landung, taucht der Dämpferkolben in den federnden Kolben ein und drückt das Öl seitlich durch den engen freibleibenden Spalt hoch. Dadurch wird die Einfederung gedämpft.

Bei der Rückfederung muß das Öl langsam durch den Spalt zwischen Dämpfungs- und Arbeitskolben zurückfließen, und das aus dem Ringraum strömende Öl wird durch das Ventil gedrosselt.

Ölfederstrebe

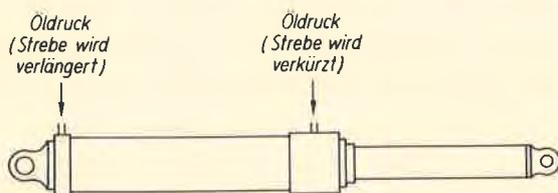
Eine Neuentwicklung ist die reine Ölfederstrebe. Sie verwendet nur Öl zur Abfederung, wobei seine Kompressibilität ausgenutzt wird, die etwa $1/55000$ des Volumens je kp/cm^2 Druck beträgt. Die Rückstoßdämpfung erfolgt in bekannter Weise ebenfalls mit Öl.

1.4.6.5. Einziehstrebe

Die Einziehstrebe ist ein wichtiges Bauteil aller Einziehfahrwerke, da sie den Einziehvorgang bewirkt. Sie besteht aus einem hydraulisch, seltener durch Luft betätigten Arbeitszylinder, dessen ein- und ausfahrbare Kolbenstange eine Verkürzung oder Verlängerung der ganzen Strebe hervorruft (Bild 1.52). Dadurch wird die Einziehkinematik in Betrieb gesetzt.

Bei einigen älteren Flugzeugen ist die Einziehstrebe als Spindel ausgebildet, die entweder elektrisch oder durch einen Hydraulikmotor betätigt wird.

An beiden Hubenden des Arbeitszylinders befinden sich im allgemeinen Verriegelungen, die den Kolben in der ein- oder ausgefahrenen Stellung festhalten.



△ Bild 1.52 Einziehstrebe

▷ Bild 1.53 Lenkerschere

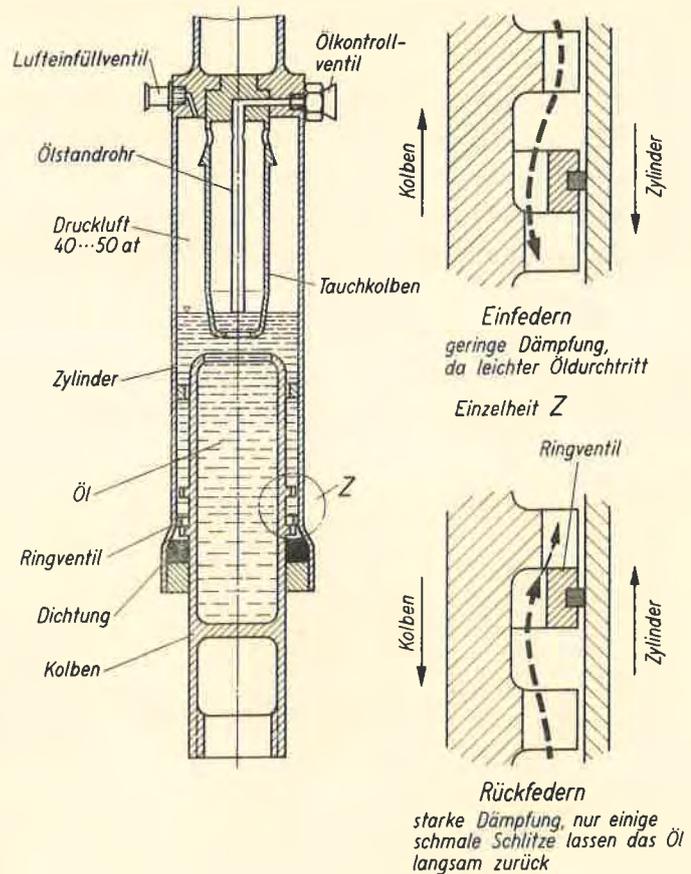
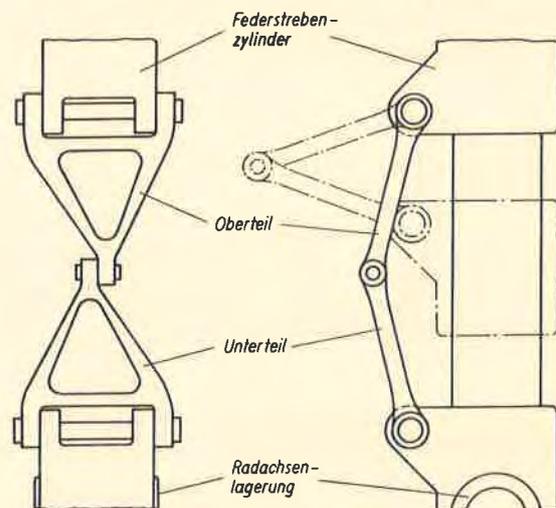


Bild 1.51 Öl-Luft-Federstrebe



1.4.6.6. Lenkerschere

Alle Fahrwerke mit Federstreben müssen eine drehsteife Verbindung zwischen Radachse und Zylinder der Federstrebe haben, um die am Rad wirkenden Drehmomente auf die Zelle übertragen zu können. Hierzu dient die Lenkerschere (Bild 1.53, Seite 33).

Die Herstellung einer derartigen Lenkerschere bereitet insofern Schwierigkeiten, als man in vier getrennten Bauteilen, der Radachse, dem unteren und dem oberen Lenkerteil sowie dem Zylinder drei genau parallele und zur Federstrebe senkrecht stehende Bohrungen anfertigen muß. Das ist erforderlich, um ein Verklemmen zu vermeiden und Leichtgängigkeit zu erreichen.

1.4.6.7. Lenkeinrichtung

Für das Rollen am Boden sowie für Start und Landung ist eine Lenkung des Bugrads erforderlich. Sie wird meistens hydraulisch durchgeführt, und über das

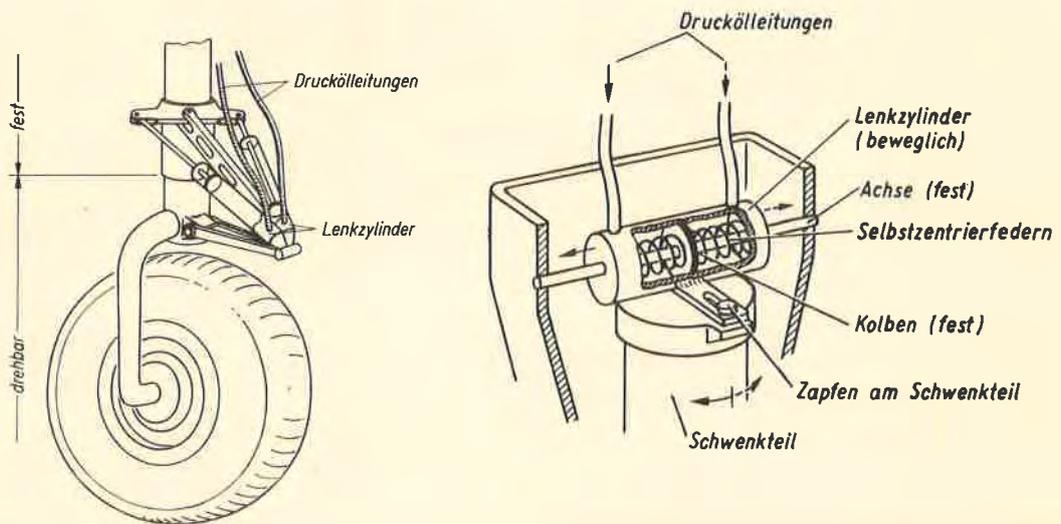


Bild 1.54 Bugradlenkungen

Pedal der Seitensteuerung betätigt. Beim Einfahren muß sich die Bugradlenkung selbsttätig zentrieren. Bild 1.54 zeigt zwei übliche Ausführungsformen der Bugradlenkung.

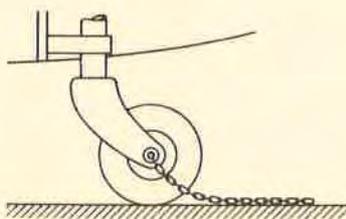


Bild 1.55 Abführung der statischen Elektrizität durch eine Erdungskette

1.4.6.8. Abführung der statischen Elektrizität

Infolge Reibung mit der vorbei strömenden Luft läßt sich ein fliegendes Flugzeug mit statischer Elektrizität auf. Um nach der Landung Unfälle durch Funkenübertragung zu vermeiden, ist eine vorherige Ableitung dieser Elektrizität notwendig.

Zu diesem Zweck wird an einem Fahrwerkbein eine Kette oder ein Kabel befestigt, die das Flugzeug bei der Berührung mit dem Boden erden (Bild 1.55 und Bild 1.21, Seite 13). Um dieselbe Wirkung zu erreichen, wurde auch versucht, in den Gummi der Reifen Metallspäne zu verteilen. Das führte aber häufig zu Reifenschäden.

1.4.7. Schwimmwerke

Zu den Schwimmwerken zählen Schwimmer, Bootskörper mit Stützwimmern sowie in neuerer Zeit auch sogenannte Hydro-Skier. Alle damit ausgerüsteten Wasserflugzeuge bzw. Flugboote sind vor dem Start und während des Starts praktisch Wasserfahrzeuge und müssen daher auch entsprechende Eigenschaften besitzen wie

ausreichende Wasserverdrängung,
genügende Quer- und Längsstabilität,
geringen Widerstand,
ausreichende Kursstabilität beim Start und beim Treiben,
gute Wendigkeit auf dem Wasser und
gute Start- und Wasserungseigenschaften.

An Schwimmwerke werden größere Anforderungen als an Landfahrwerke gestellt. Sie müssen aero- und auch hydrodynamischen Bedingungen entsprechen.

Im Ruhezustand wird das Flugzeug auf dem Wasser durch den statischen Auftrieb seiner Schwimmer oder seines Bootskörpers getragen. Diese tauchen so tief ein, bis die erforderliche Wasserverdrängung erreicht ist. Die maximal mögliche Wasserverdrängung soll etwa dem zweifachen Abfluggewicht entsprechen.

Beim Start von Wasserflugzeugen muß vor allem der sehr erhebliche Wasserwiderstand überwunden werden. Die erforderliche hohe Geschwindigkeit vor dem Abheben ist mit normal gekieltem Schwimmerboden nicht zu erreichen. Die Schwimmer und Bootskörper sind daher wie die Gleitboote mit einer Stufe oder auch mit zwei Stufen versehen.

Da der Schwimmerboden in der Regel einen positiven Anstellwinkel besitzt, entsteht bei der Vorwärtsbewegung auf dem Wasser ein hydrodynamischer Auftrieb, der das Flugzeug langsam von Stufe zu Stufe aus dem Wasser hebt. Der Auftrieb an den Tragflügeln ist hierbei noch sehr klein. Sobald die Schwimmer oder der Bootskörper auf dem Boden vor der ersten Stufe gleiten, ist die "kritische Geschwindigkeit" erreicht. Sie liegt bei etwa 40 Prozent der Abfluggeschwindigkeit. Der Flügelauftrieb beträgt dabei nur etwa 16 Prozent des gesamten Fluggewichts, so daß etwa 84 Prozent auf den hydrodynamischen Auftrieb entfallen.

Der Gleitwiderstand ist konstant - gleichen hydrodynamischen Anstellwinkel und gleiche Stufenbelastung vorausgesetzt - und von der Geschwindigkeit unabhängig. Daher wird durch den wirksamen Vortrieb die Geschwindigkeit weiter erhöht, bis der Flügelauftrieb ausreicht, um das Flugzeug abzuheben.

Je nach Form der Kielung tritt eine mehr oder weniger starke Spritzwasserbildung auf, und zwar um so mehr, je schärfer die Kielung ist. Das Spritzwasser gefährdet aber tiefliegende Flugzeugteile, z.B. die Luftschrauben. Daher wird bei Schwimmkörperkonstruktionen sehr häufig die Wellenbinderform (Bild 1.56) angewendet, da sie die Spritzwassererzeugung weitestgehend vermeidet.

1.4.7.1. Aufbau des Schwimmers

Die Schwimmer sind im allgemeinen aus Spanten und Längsgurten in Art der Rumpfkonstruktion aufgebaut (s. Abschnitt 1.4. im Band 2). Das Kielteil ist dabei besonders kräftig ausgeführt. Dieses Schwimmergerüst wird mit einer Blechhaut

bepunktet. Einige Spante werden als Schottwände ausgebildet, die, ebenso wie die durchgehende Mittelwand, bei Beschädigungen ein Vollaufen des gesamten Schwimmers mit Wasser verhindern sollen.

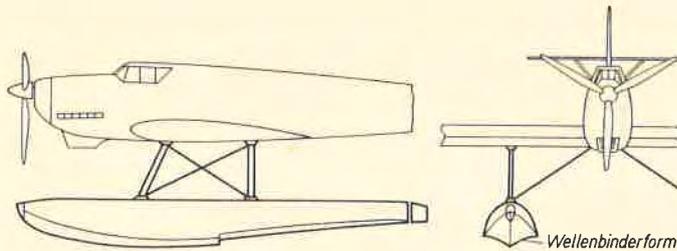


Bild 1.56 Schwimmer an Streben

Als Werkstoff wird eine seewasserbeständige Legierung aus Aluminium, Magnesium und Silizium (früher als Hydronalium bezeichnet) verwendet.

Die Schwimmerspitze ist als Fender (Stoßschutzkissen) ausgeführt, um bei Berührung mit Landeanlagen Beschädigungen zu vermeiden.

Am Schwimmerende sind Wasserruder als Hilfssteuerorgane angeordnet, die durch Steuerzüge mit den Fußhebeln der Seitensteuerung verbunden sind. Um Beschädigungen beim Aufrollen auf den festen Boden zu vermeiden, können diese Ruder durch Seilzug hochgezogen werden.

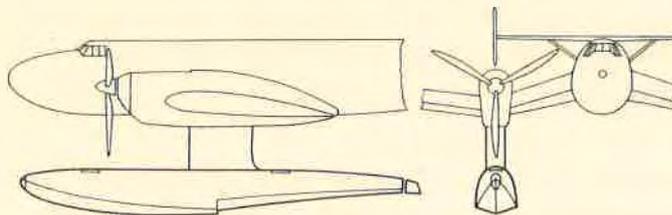


Bild 1.57 Schwimmer am Stiel

Die Schwimmer werden mit Hilfe eines sogenannten Schwimmergestells an die Flugzeugzelle angeschlossen. Es besteht im allgemeinen aus einem räumlichen Strebenfachwerk, das mitunter noch durch Kabel ausgekreuzt ist.

Es gibt drei prinzipiell verschiedene Befestigungsmöglichkeiten für Schwimmer:

1. Das Schwimmwerk ist mit der übrigen Zelle zu einem statischen Gesamtsystem vereinigt.

In dieser Art sind die meisten Befestigungen der Schwimmer ausgeführt. Der wesentliche Vorteil liegt in der Vergrößerung der statischen Bauhöhe. Die Kräfte, die von den räumlichen Strebenfachwerken aufgenommen werden, verringern das Flügengewicht und ermöglichen die Verwendung dünner Flügelprofile. Mit Rücksicht auf eine gute aerodynamische Durchbildung eines Flugzeugmusters kann die Anzahl der den Luftwiderstand erhöhenden Streben verringert werden. Die Strebenzahl kann z.B. auf zwei Hauptstreben reduziert werden, die durch einige Kabel verspannt sind (Bild 1.56).

2. Das Schwimmwerk besteht aus zwei oder mehreren getrennten Systemen, von denen jedes für sich mit der übrigen Zelle zusammenhängt.

Eine elegante Lösung für diese Ausführungsform ist die Verbindung der Schwimmer mit den Tragflügeln durch ein windschlüpfig verkleidetes Rohr (Bild 1.57).

3. Die Schwimmer bilden mit den Tragflügeln zwei selbständige statische Systeme, die durch Rumpfanschlüsse in Zusammenhang stehen.

Bei einigen Katapultflugzeugen wird manchmal die Einschwimmerbauweise in Form eines Zentralschwimmers angewendet. Der Schwimmer ist unter dem Rumpf an Streben oder einer windschlüpfig verkleideten Konstruktion befestigt. Auf dem Wasser gewährleisten seitliche Stützschwimmer die notwendige Seitenstabilität.

1.4.7.2. Aufbau des Flugboots

Der Aufbau des Flugboot-Rumpfes wurde bereits im Abschnitt 1.4.5. im Band 2 dargestellt. Zusätzlich sind noch die Stützschwimmer zu betrachten, die zur Wahrung der Seitenstabilität auf dem Wasser dienen.

f e s t e S t ü t z s c h w i m m e r

Sie bestehen aus kleinen Schwimmern, die unter einem bestimmten Anstellwinkel in das Wasser eintauchen. Bei seitlichem Kippen des Flugboots nehmen die Eintauchtiefe des betreffenden Schwimmers und damit das Volumen des verdrängten

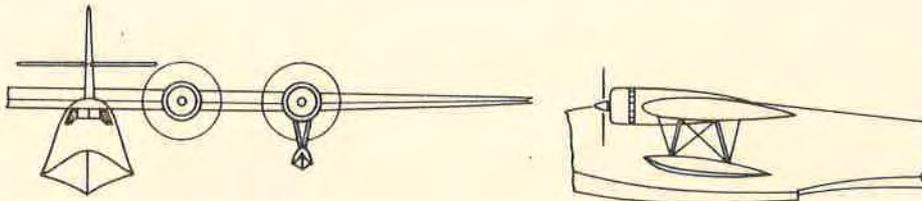


Bild 1.58 Fester Stützschwimmer

Wassers zu, so daß der hydrostatische Auftrieb größer wird und das Flugzeug wieder aufrichtet. Die Schwimmer sind durch Streben und Verspannungen fest am Rumpf oder an den Tragflügeln befestigt (Bild 1.58). Im Flug ergeben sie einen beträchtlichen Luftwiderstand.

S t ü t z s c h w i m m e r a l s F l ü g e l e n d k a p p e

Um den Luftwiderstand der Stützschwimmer im Flug zu vermindern, werden sie manchmal so weit an den Tragflügelenden angeordnet, daß sie in der Luft nach

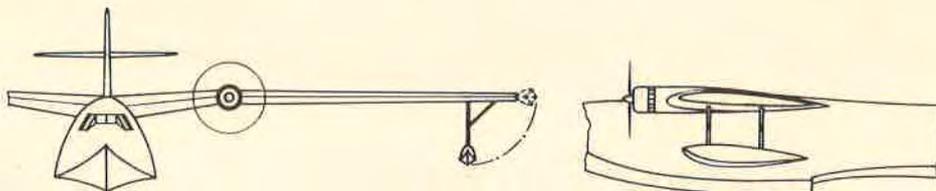


Bild 1.59 Stützschwimmer als Flügelendkappe

außen hochgeklappt werden können und dabei die Abschlußkappen der Flügel bilden (Bild 1.59).

Eine seltene Lösung zeigt ein modernes amerikanisches Flugboot (Martin "Seamaster"), dessen in Schulterdeckerform angeordnete Tragflügel eine so starke negative V-Stellung besitzen, daß die Flügelenden die Wasseroberfläche berühren und daher gleich als Stützschwimmer ausgebildet sind (Bild 1.60, Seite 38).

Sobald sich das Flugboot beim Start auf die Stufe zu heben beginnt, sind die Stützwimmer schon nach kurzer Zeit vom Wasser frei, so daß die Maschine schnell die nötige Abhebegeschwindigkeit erreicht.

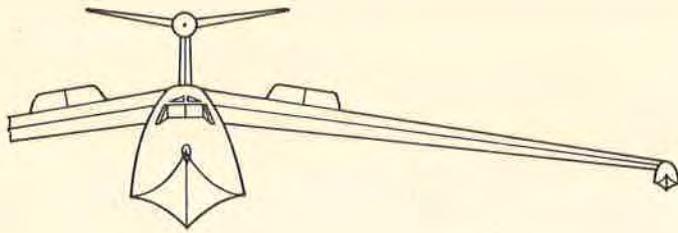


Bild 1.60 Stützwimmer am Flügelende

einziehbarer
Stützwimmer

Der günstigste Weg, den Luftwiderstand der Stützwimmer während des Flugs zu beseitigen, besteht darin, daß sie gleich den Landfahrwerken einziehbar ausgeführt werden.

Die kastenförmigen Schwimmer werden in entsprechende Aussparungen der Tragflügel eingezogen und verschwinden damit vollständig in der Flügelkontur, da sie die Öffnungen gleichzeitig abdecken (Bild 1.61).

Die kastenförmigen Schwimmer



Bild 1.61 Einzieh-Stützwimmer

F l o s s e n s t u m m e l

Eine ältere Art der Stabilisierung von Flugbooten im Wasser besteht in der Anwendung sogenannter Flossenstummel (Bild 1.62). Sie verbreitern die Rumpfbasis an der Wasserlinie und verhindern dadurch ein seitliches Kippen. Gleichzeitig erhöhen sie durch ihre Profilform den Auftrieb während des Starts und bieten in der Luft erheblich weniger Widerstand als einfache feste Stützwimmer.

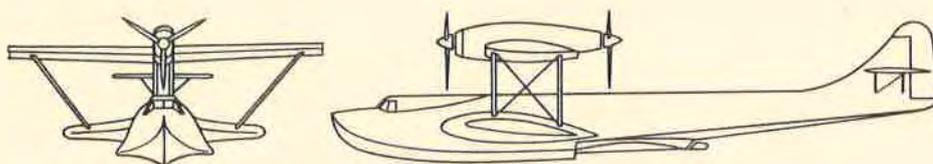


Bild 1.62 Flossenstummel

basis an der Wasserlinie und verhindern dadurch ein seitliches Kippen. Gleichzeitig erhöhen sie durch ihre Profilform den Auftrieb während des Starts und bieten in der Luft erheblich weniger Widerstand als einfache feste Stützwimmer.

1.4.7.3. Aufbau der Hydro-Skier

Eine neuartige Schwimmerart sind die sogenannten Hydro-Skier. Beim Start des Flugboots werden aus dessen Boden zwei ganz flache oder nur wenig gewölbte

skiähnliche Schwimmer hydraulisch herausgefahren, auf denen die Maschine wie beim Wellenreiten auf dem Wasser gleitet, bis sie sich löst (Bild 1.63). Dar-

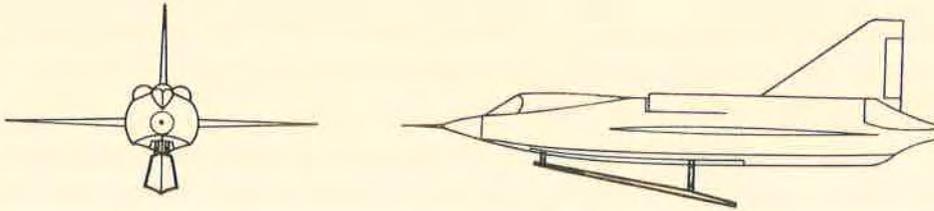


Bild 1.63 Hydro-Skier

auf werden die Hydro-Skier wieder eingezogen und legen sich flach am Bootsrumpf an, so daß sie keinen Luftwiderstand verursachen. Ihr Vorteil besteht darin, daß sich beim Start verbesserte Auftriebswerte ergeben.

2. Innenausstattung des Flugzeugs

Jedes Flugzeug erhält eine seinem Verwendungszweck entsprechende Innenausstattung. Hierzu gehören in erster Linie die Einrichtungen des Besatzungsraums, der Fluggastkabine bzw. bei Frachtflugzeugen des Laderaums sowie der gegebenenfalls vorhandenen verschiedenen Nebenräume, wie Garderobe, Gepäckraum, Toilette, Waschräume und Bordküche.

Nicht zur Innenausstattung, sondern zur Flugzeugausrüstung gehören u.a. die elektrische, hydraulische und funktechnische Anlage sowie die Bordgeräte.

Da die Tragflügel infolge ihrer geringen Profilhöhe heute nicht mehr, wie in einigen Fällen während der zwanziger Jahre, nutzungsfähige Räume für Fluggäste und Fracht enthalten können, bezieht sich die Innenausstattung nur auf den Rumpf.

Grundlage für die Innenausstattung ist die Aufteilung des Rumpfes. Bild 2.1 zeigt ein Beispiel für ein Verkehrsflugzeug.

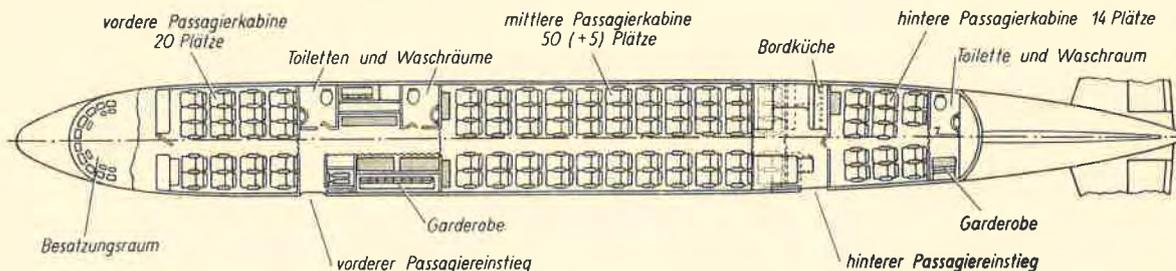


Bild 2.1 Rumpfaufteilung eines Verkehrsflugzeugs (IL 18)

Bei Frachtflugzeugen werden die Fluggastkabine und der größte Teil der Nebenräume zum Frachtraum.

2.1. Radarnase und Elektronikraum

Jedes moderne Verkehrs- und Frachtflugzeug enthält in seiner Rumpfspitze eine **R a d a r a n l a g e**. Sie dient als Navigationshilfe und auch als Warngerät.

Als **N a v i g a t i o n s h i l f e** wird z.B. das Präzisions-Anflug-Radargerät verwendet, das den Piloten bei Blindlandungen, bedingt durch Nebel oder Dunkelheit, wesentlich unterstützt.

Sehr wichtig ist das **W a r n g e r ä t**, das dem Piloten nicht nur feste Hindernisse, wie Berge, andere in der Luft befindliche Flugzeuge usw., sondern auch Sturmgebiete, Gewitterfronten und Wolken anzeigt. Dieses Sturmwarnradar hat eine Wirkungsempfindlichkeit bis zu etwa 300 km, so daß der Pilot in der Lage ist, entsprechende Maßnahmen, wie z.B. Ausweichmanöver, rechtzeitig einzuleiten.

Diese Radargeräte geben darüberhinaus die genaue Bodenstruktur der überflogenen Landschaft wieder und können dem Piloten bei schlechter Sicht und

bei Nacht wertvolle Positionshinweise vermitteln.

Die Geräte bestehen im wesentlichen aus einem drehbaren Antennenspiegel mit Peilstab, der am vorderen Abschlußspant des Rumpfes gelenkig gelagert ist (Bild 2.2), und einem Anzeige-Bildschirm, der sich im Instrumentenbrett des Besatzungsraums befindet. Der Antennenspiegel läßt sich nach Bedarf in die jeweils gewünschte Richtung schwenken.

Um die elektrische Empfindlichkeit dieser Radargeräte nicht zu gefährden, besteht die Rumpfnase nicht aus Metall, sondern aus Kunststoff. Vielfach wird hierfür ein Glasfaser-Kunstharz-Laminat verwendet, das neben großer Festigkeit auch ein verhältnismäßig geringes Gewicht besitzt.

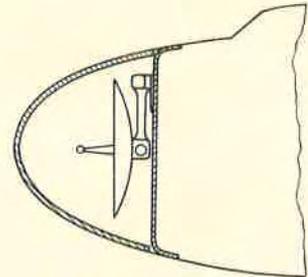


Bild 2.2 Radarnase

Bei vielen modernen Flugzeugen folgt hinter der Radarnase ein Elektronikraum, in dem beispielsweise das Funkmeßgerät, das elektronische Rechenggerät, die Landehilfe, das Rundstrahlradar u.ä. untergebracht sind. Ohne diese Geräte ist ein sicherer Flug auf den verkehrsreichen Luftstraßen heute nicht mehr möglich.

Diese Geräte müssen eine große mechanische Festigkeit besitzen, da sie erheblichen Beschleunigungskräften ausgesetzt sind. Ebenso müssen die Geräte hohen Temperaturen gewachsen sein. Einzelne elektronische Bauteile vertragen heute bereits Temperaturen von 250 bis 1100 °C ohne nachteilige Auswirkungen.

2.2. Besatzungsraum

Der Besatzungsraum ist von vorn der erste Raum der gegebenenfalls druckdichten Kabine. Normalerweise ist er für eine Besatzung von vier Personen vorgesehen. Hinter dem Instrumentenbrett sind die Sitze für die zwei Piloten nebeneinander angeordnet, und anschließend folgen die Arbeitsplätze des Funkers und des Bordingenieurs (Bilder 2.3 und 2.4, Seite 27). Durch diesen engen Kontakt ist eine gute Zusammenarbeit der gesamten Besatzung gewährleistet.

Die Rundstrahlverglasung besteht meistens aus ebenen Scheiben, die nach ICAO-Empfehlungen eine ausreichende Festigkeit gegenüber im Flug anprallenden Fremdkörpern, wie z.B. Vögeln, besitzen müssen. Außer Frostschutzmitteln sind vielfach auch Scheibenwischer vor allem gegen Schneebeleg vorhanden.

Im Besatzungsraum sind außer den für die Führung eines Flugzeugs notwendigen Einrichtungen die Funkgeräte und, teilweise gesondert, auch die Triebwerküberwachungsinstrumente eingebaut. Neben einem Zugang zur Fluggastkabine ist häufig ein besonderer Einstieg für die Besatzung vorhanden. Bei großen Langstreckenflugzeugen ist in der Regel für den dienstfreien Teil der Besatzung ein Ruheraum vorgesehen.

2.3. Fluggastkabine

Moderne Flugzeuge fliegen zwecks größtmöglicher Wirtschaftlichkeit in großen Höhen; bei Strahltriebwerken etwa zwischen 10 000 und 12 000 m. Das sind

Bereiche geringen Luftdrucks, geringen Sauerstoffgehalts und geringer Temperatur. Unter diesen Bedingungen kann jedoch der Mensch nicht leben. Daher ist eine Druckkabine erforderlich, in die der gesamte mit Personen besetzte Teil des Rumpfes, häufig einschließlich der Frachträume, einbezogen wird. In der

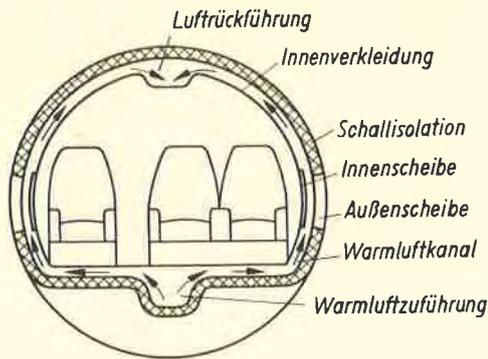


Bild 2.5 Doppelwandige Höhenkabine

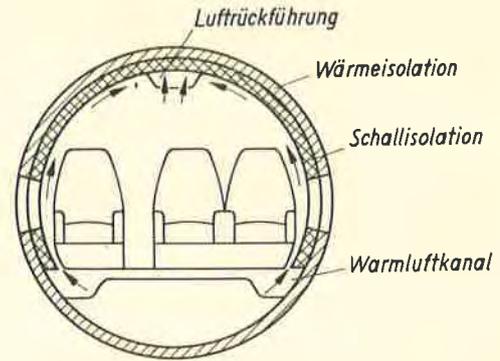


Bild 2.6 Einwandige Höhenkabine

Druckkabine herrschen die gleichen klimatischen und atmosphärischen Zustände wie in Höhen von etwa 2500 m.

Außer der für die Druckhaltung notwendigen Dichtigkeit des gesamten Druckraums ist die Isolierung gegen Lärmwirkung durch die Triebwerke und gegen Temperaturabfall sehr wichtig.

Doppelwandige Kabinen bedürfen keiner besonderen Wärmeisolation, da die heizende Warmluft zwischen äußerer Wand und dem Kabineninnenkörper entlang geführt wird (Bild 2.5).

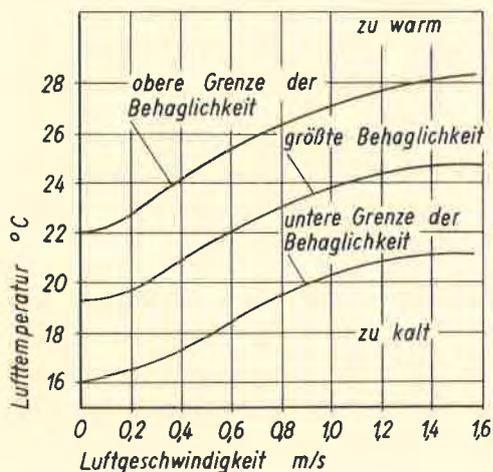


Bild 2.7 Grenzen der Behaglichkeit in der Höhenkabine in Abhängigkeit von der Lufttemperatur und Luftgeschwindigkeit

Bei den heute allgemein üblichen einwandigen Kabinen muß sowohl eine Wärme- als auch eine Schallisolation vorhanden sein. Die Warmluft, die gleichzeitig zur Druckhaltung herangezogen wird, strömt durch Kanäle in den Kabinenraum und hält die Temperatur auf dem Grad der größten Behaglichkeit (Bilder 2.6 und 2.7). Eine Klimaanlage sorgt gleichzeitig für die notwendige Luftfeuchtigkeit, deren Größe sich nach der Aufenthaltszeit richtet und im Durchschnitt etwa 20 bis 30 Prozent beträgt.

Die Wärmeisolation wird an der Innenseite der Außenbeplankung befestigt. Das verwendete Material hat verschiedene Bedingungen zu erfüllen. Es muß bei geringstem spezifischem Gewicht eine möglichst schlechte Wärmeleitfähigkeit besitzen

und darf nicht hygroskopisch und auch nicht leicht entflammbar sein.

Eine günstige Isolation besteht aus einer Kombination von kaschierten Aluminiumfolien und dünnen Vinidurplatten, die durch Filzdistanzstücke in einem gewissen Abstand voneinander gehalten werden (Bild 2.8).

Diese Isolationsart hat sich in der Praxis gut bewährt. Sie ist allerdings verhältnismäßig teuer.

Andere Konstruktionen benutzen als Wärmeisolation mit Kapok (pflanzliches Füllmaterial) oder Renntierhaaren gefüllte Matten. Heute verwendet man auch bereits vielfach aus Kunstharz hergestellte Isolierschaumstoffe (Bild 2.9). Die Wärmeleitzahl derartiger Kunstharzschaumstoffe liegt relativ niedrig, und auch die Dichte ist mit etwa $\rho = 0,02 \text{ kg/dm}^3$ sehr gering.

Äußerst wichtig für das Wohlbefinden der Passagiere ist eine genügend große Schallisolation. Der Grad der erreichbaren Schalldämmung wird durch die Schall-

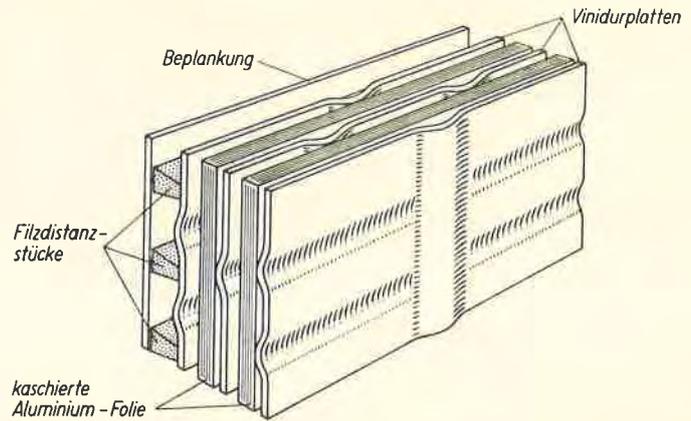


Bild 2.8 Wärmeisolation mittels geschichteter Platten

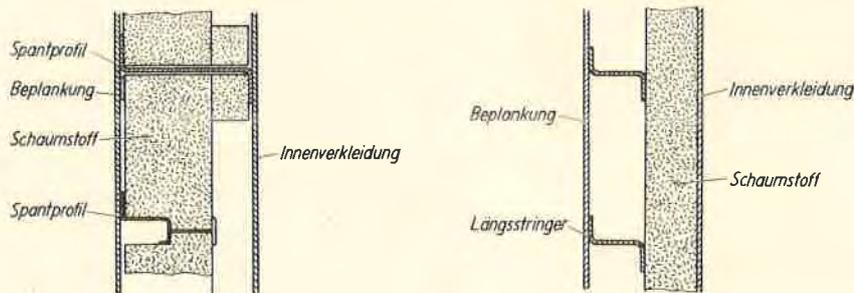


Bild 2.9 Wärmeisolationsarten mittels Schaumstoff

schluckung des verwendeten Isoliermittels bestimmt. Da bei einem Flugzeug der Schall durch die Seitenwände, die Decke und den Boden eintritt, muß die Schallschluckung einen sehr großen Wert erhalten. Der hierfür erforderliche Gewichts-aufwand soll aber möglichst gering sein.

Zur Schallisolation werden poröse Stoffe wie Waffelfilz, Watte oder wollartige Gewebe verwendet, deren Poren und Kanäle den schwingenden Luftteilchen einen Reibungswiderstand entgegenstellen. Auch durch die Anwendung sogenannter Resonatoren läßt sich eine genügende Schalldämmung erzielen. Hierzu dienen Lochplatten, in deren Öffnungen die Luft in Schwingungen gerät und dadurch einen Teil der Schallenergie aufnimmt.

So ergibt sich schließlich als Wandbelag der Kabine eine Kombination aus Wärme- und Schallisolation (Bild 2.10). Der Innenraum der Kabine erhält eine in

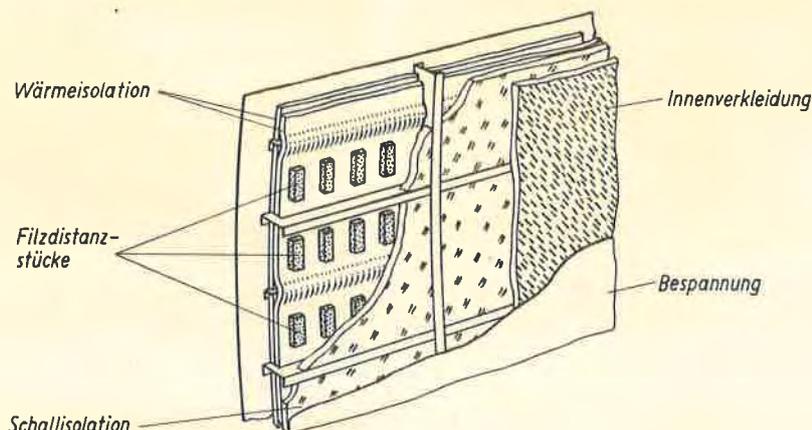


Bild 2.10 Wärme- und Schallisolation einer Kabinenwand

geschmackvollen Farbtönen gehaltene Verkleidung aus Stoffen oder Kunststofffolien. Letztere bieten den Vorteil einer leichten Säuberung.

In die Verkleidung sind meistens die Beleuchtungskörper, oft als indirekte Beleuchtung, harmonisch eingearbeitet. Unterbrochen wird die Verkleidung lediglich durch die Fenster, die heute vorwiegend als stehende Ellipsen ausgebildet sind. Einige der Fenster sind als Notausstiege konstruiert und lassen sich gegebenenfalls mit dem Rahmen entfernen, so daß genügend große Öffnungen entstehen (Bild 2.11).

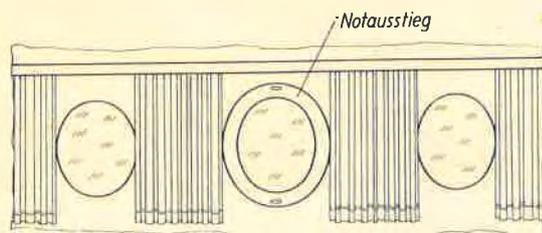


Bild 2.11 Fensterreihe in der Innenverkleidung und Notausstieg

Der Gesamtcharakter eines Fluggastraums wird im wesentlichen durch die Kabinenaufteilung, die Sitzanordnung und die Sesselausstattung bestimmt.

Bei kleineren Verkehrsflugzeugen besteht der Fluggastraum meistens aus einer einzigen Kabine. Bei großen Flugzeugen ist es angenehmer, eine Unterteilung in mehrere Einzelkabinen vorzunehmen, da sonst häufig der Eindruck eines Tunnels entsteht, wie aus einem Vergleich der Bilder 2.12 und 2.13 (Seite 45) ersichtlich ist.

Je nach Ausstattung des Flugzeugs für Luxusklasse, 1. Klasse, normalen Linienverkehr oder für Touristenklasse haben die Sessel verschiedenen Abstand voneinander und außerdem sind die Gangbreiten unterschiedlich (Bild 2.14, Seite 48). Für die Kabineneinrichtung werden daher Einzel-, Doppel- oder Dreifachsitze verwendet.

Es gibt zahlreiche verschiedene Arten von Sesselausführungen. Sie sind dem jeweiligen Bedarf angepaßt und sollen auch einem angemessenen Komfort entsprechen. Ihr Gewicht soll aber möglichst gering sein. Daher werden heute viel-



Bild 2.12 Fluggastkabine der „Caravelle“
Tunneleffekt



Bild 2.13 Unterteilung des Fluggastraums der Tu 114
in mehrere Einzelkabinen

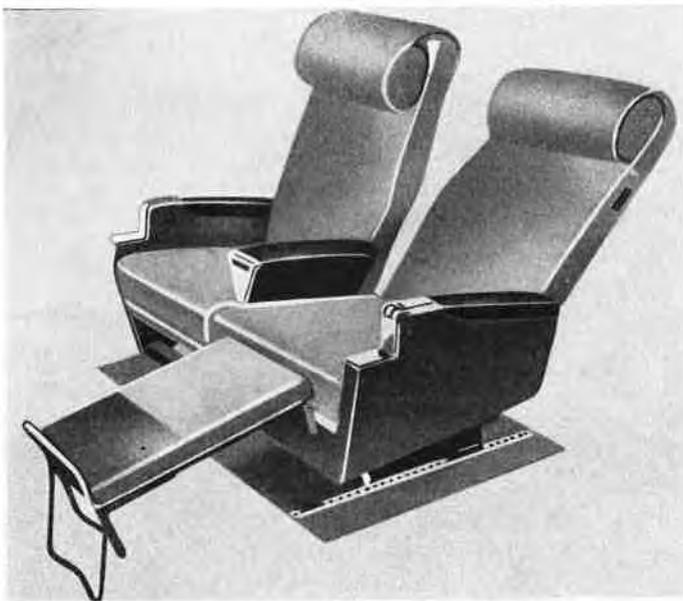


Bild 2.15 Polstersessel
als Schlafsessel verwendbar



Bild 2.17 Fluggastkabine mit Service-Kasten
1. Fenster von links mit Verdunklungsklappe
3. Fenster von links mit Kunststoffklappe
gegen grelles Außenlicht

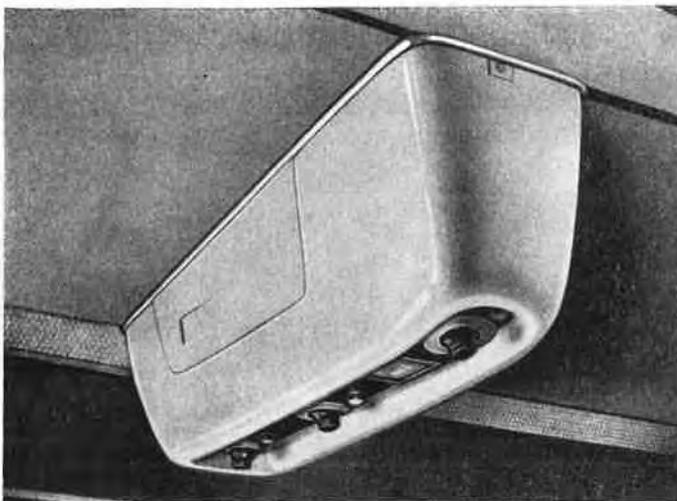


Bild 2.18 Service-Kasten
enthält: Lautsprecher, Leselampen,
Bedienungsklingel, Leuchtschild „Bitte anschnallen“
Sauerstoffmasken und -schläuche

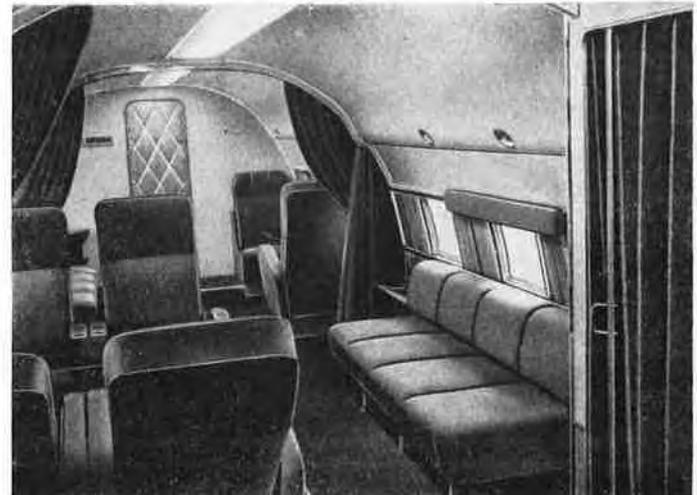


Bild 2.19 Luxusausstattung der Kabine der IL 14 P

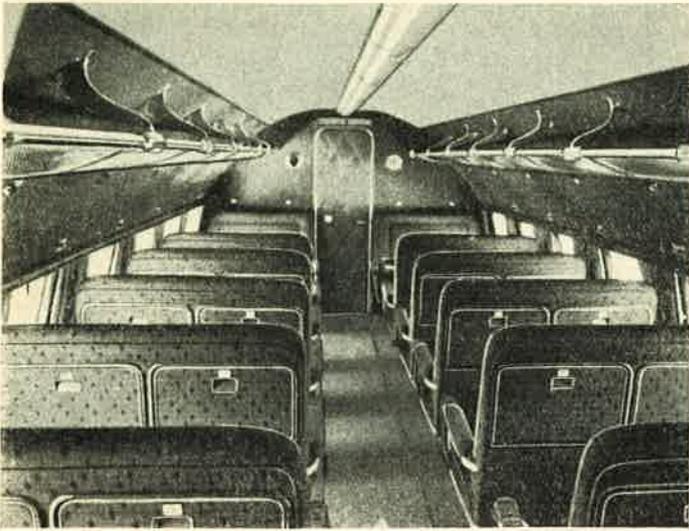
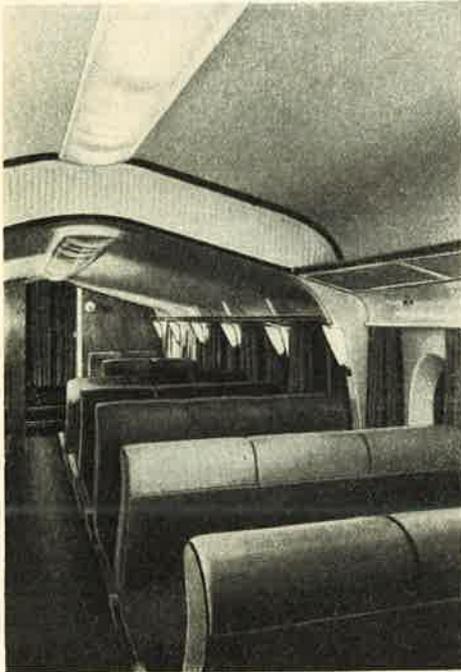


Bild 2.21 Fluggastkabine der IL 14 P



Bild 2.22 Fluggastkabine eines PTL-Verkehrsflugzeugs



△ Bild 2.27 Frachtflugzeug mit Beladungsklappen am Bug und Heck

◁ Bild 2.23 Fluggastkabine eines TL-Verkehrsflugzeugs

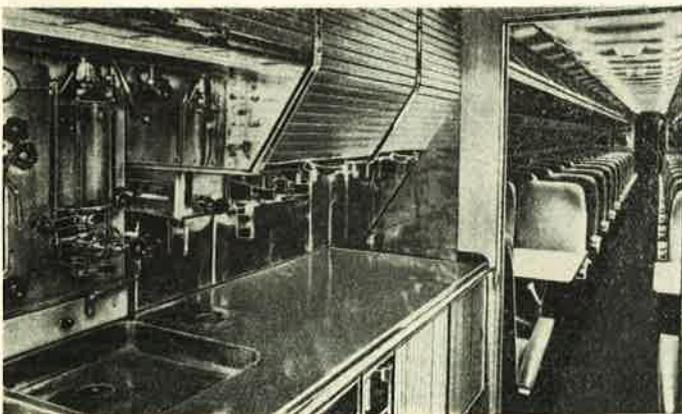
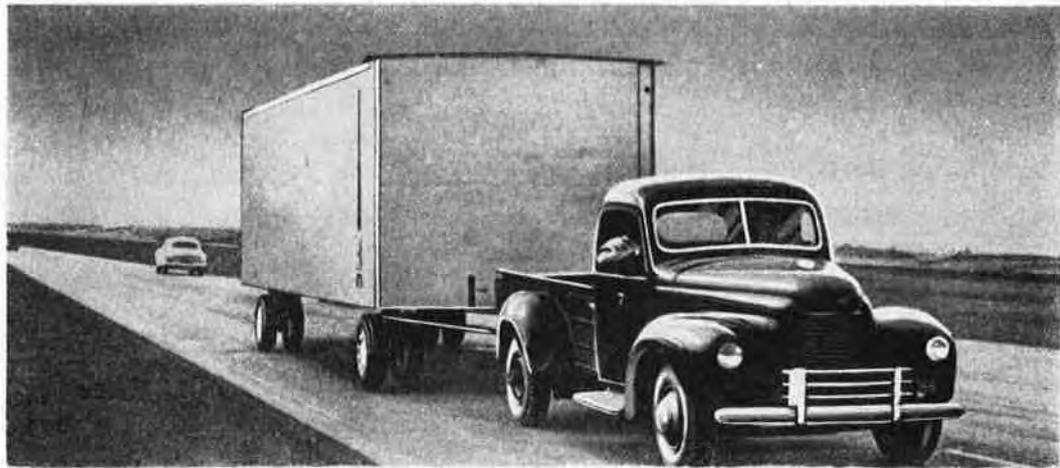


Bild 2.24 Bordküche der „Caravelle“

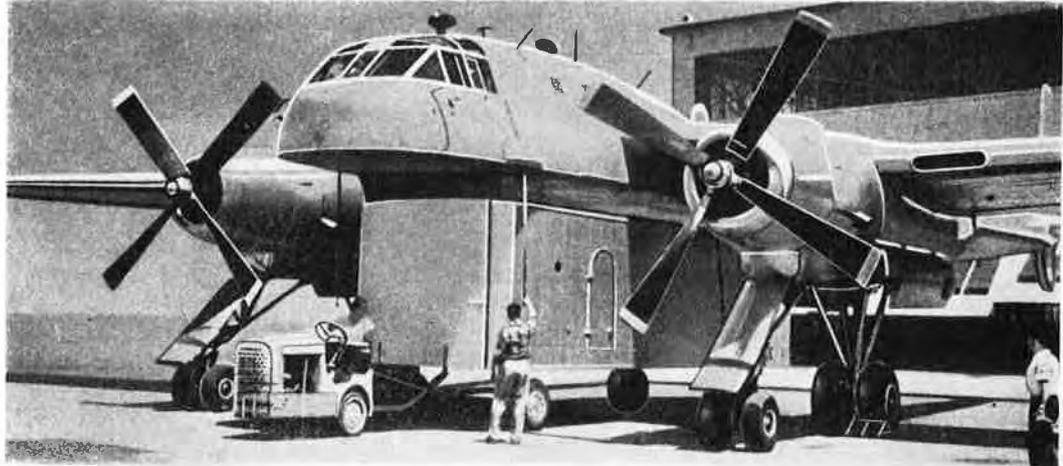


Bild 2.25 Bordküche der Tu 114

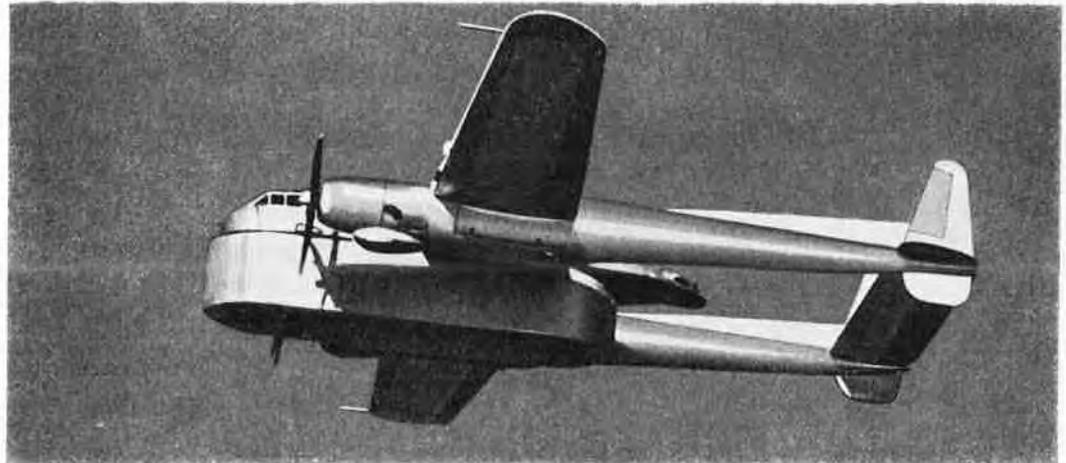
Bild 2.29
Frachtflugzeug mit
abnehmbarem Frachtraum



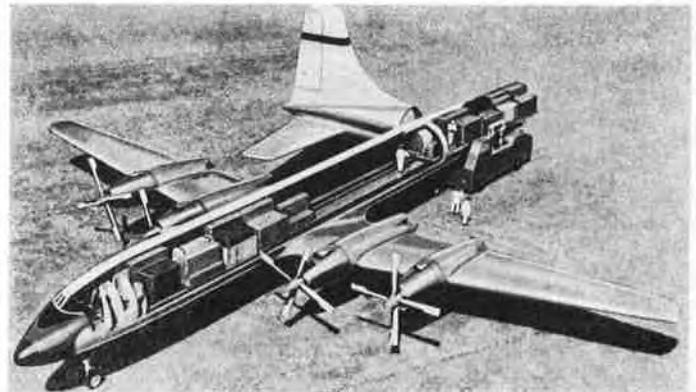
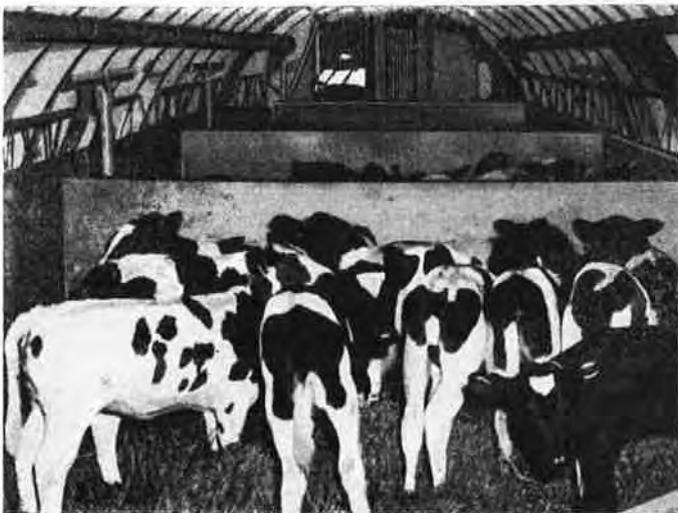
Frachtraum als LKW-Anhänger



Befestigung des Frachtraums
am Flugzeug



Flugzeug mit Frachtbehälter
im Flug



△ Bild 2.28 Frachtflugzeug mit abklappbarem Rumpffende (Modell)
ergibt günstige Beladungsmöglichkeit

◁ Bild 2.30 Frachtraum für Tiertransport eingerichtet

fach Sessel verwendet, deren Tragekonstruktion aus Rohr und deren Polsterung aus Schaumgummi besteht. Die Rückenlehnen und Sitze können meistens im Winkel

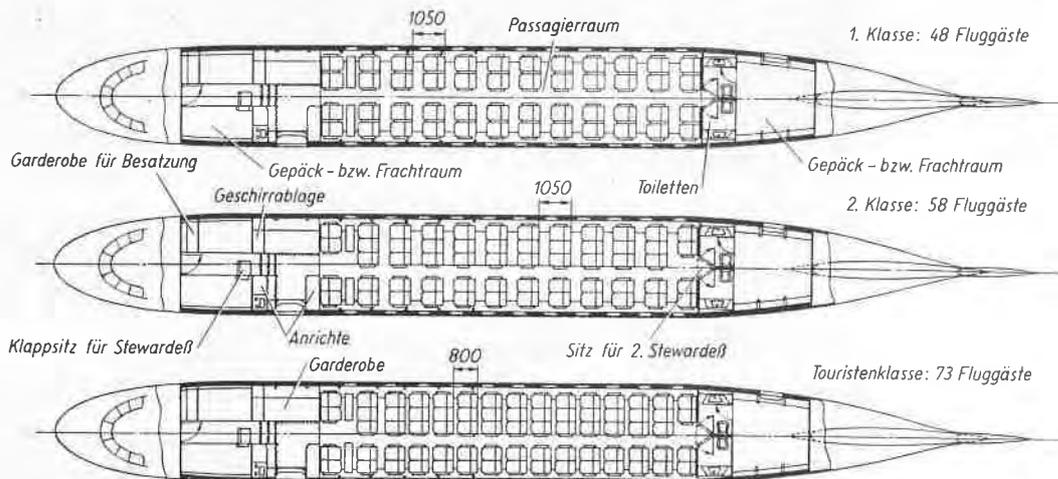


Bild 2.14 Verschiedene Sesselanordnungen eines Verkehrsflugzeugs

zueinander verstellt werden, um z.B. zum Ruhen eine bequeme Lage zu gewährleisten. In der 1. Klasse und in Luxuskabinen können die Polstersessel auch als Schlafsessel verwendet werden, indem ein Fußteil herausgezogen wird (Bild 2.15, Seite 45).

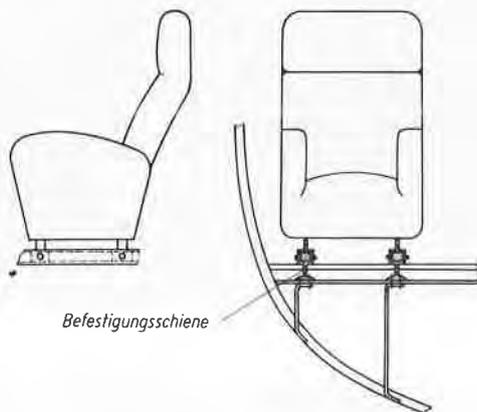


Bild 2.16 Sesselbefestigung

Die Befestigung der Sessel am Fußboden wird heute vielfach an Schienenprofilen vorgenommen, so daß die Sitze je nach Bedarf zusammengerrückt oder auseinandergeschoben werden können (Bild 2.16). Auf diese Weise lassen sich bei einer Ausstattung als Touristenklasse noch einige Sitze mehr einfügen. Unangenehme Schwingungen werden durch die Eigenfederung der Sessel abgefangen.

Die Ausstattung der Sessel wird den verschiedenen Bedürfnissen entsprechend ausgeführt. So hat man häufig die Möglichkeit geschaffen, die Anschnallgurte, die nur im Bedarfsfall benutzt werden, im Inneren der Sitze verschwinden zu lassen. Außerdem können Leselampen, Aschebecher, individuelle Frischluft- oder Sauerstoffversorgung, kleine Klapptische usw. ein- bzw. angebaut werden. Bei manchen Flugzeugmustern sind einige dieser Bequemlichkeiten für die Fluggäste in sogenannten Service-Kästen oberhalb der Sitzreihen untergebracht (Bilder 2.17 und 2.18, Seite 45).

Bei einer Ausstattung als 1. Klasse werden häufig auch Tischgruppen angeordnet, wobei sich die Passagiere an einem fest eingebauten Tisch gegenüber sitzen. An den Enden der Kabine werden vielfach noch Sofa- oder Klubecken

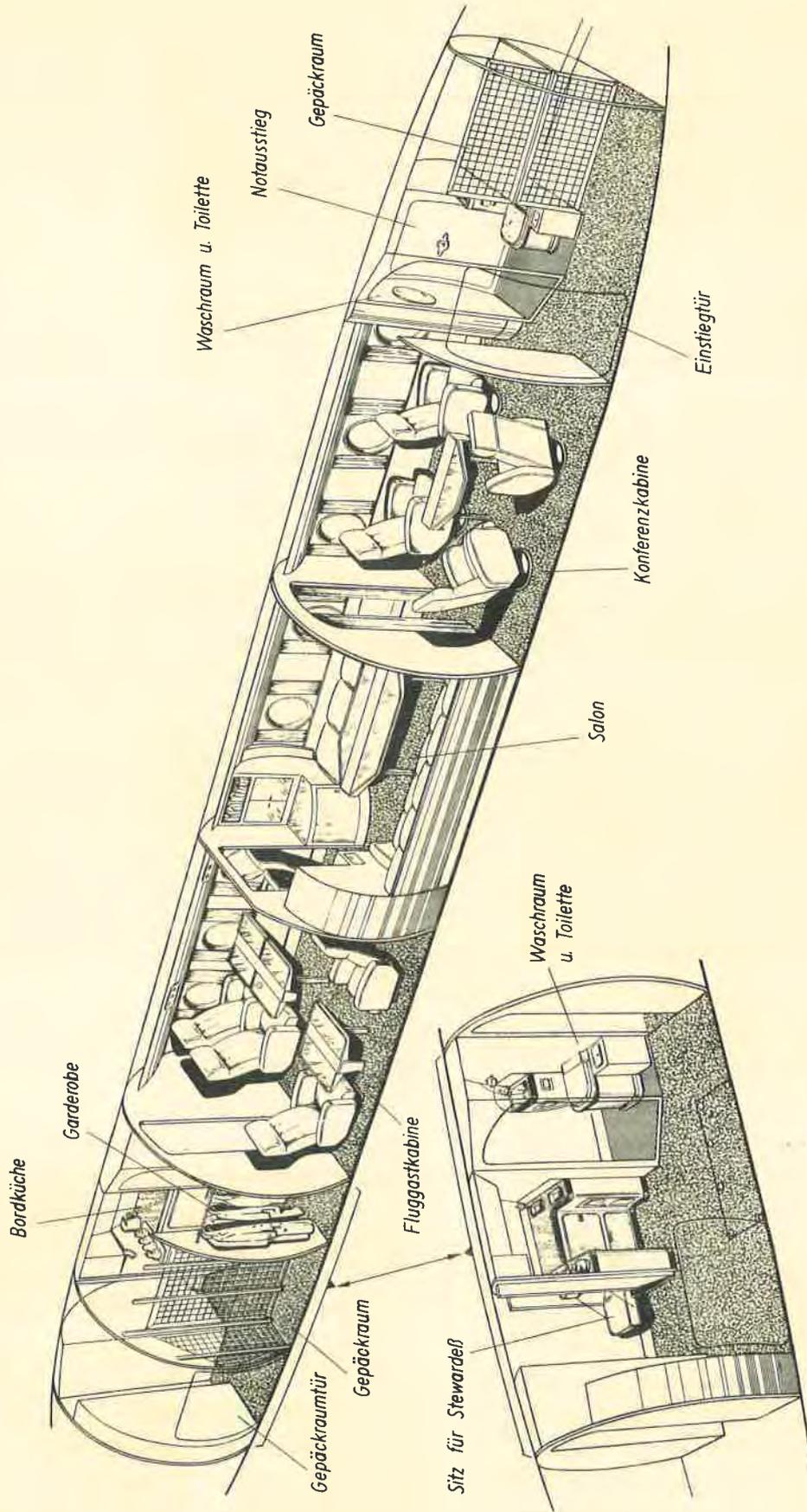


Bild 2.20 Luxusausstattung der Fokker "Friendship"

eingerrichtet (Bild 2.19, Seite 45).

In Luxuskarbinen stellt man Sesselgruppen um Tische zusammen, auf denen Leselampen aufgestellt sein können (Bild 2.20, Seite 49). Häufig werden auch noch einige Schlafabteile eingebaut. Um den Passagieren bei Langstreckenflügen ausreichend Abwechslung zu bieten, ist oft eine kleine Bar eingerrichtet.

Die Bilder 2.21 bis 2.23 (Seite 46) zeigen einige weitere Fluggastkarbinen unterschiedlicher Ausstattung.

2.4. Nebenräume

G a r d e r o b e

In fast jedem Verkehrsflugzeug gibt es heute, je nach dessen Größe, einen oder mehrere Garderobenräume. Sie sind nach modernsten Gesichtspunkten eingerrichtet und enthalten außer den üblichen Einrichtungen zum Aufhängen der Mäntel noch falt- und klappbare Regale, um jeder auftretenden Unterbringungsanforderung gewachsen zu sein.

G e p ä c k r a u m

Früher waren die Gepäckräume häufig außerhalb der Druckkabine angeordnet. Infolge des geringen Luftdrucks und der tiefen Temperaturen bei Flügen in großer Höhe ergaben sich aber häufig Beschädigungen des Inhalts der Gepäckstücke. Daher werden heute auch die Gepäckräume in den druckdichten Rumpfteile mit einbezogen.

Leichtes Handgepäck wird meistens im Bereich der Garderobe gelagert. Das übrige Gepäck wird in einem gesonderten Raum, der im allgemeinen im Rumpfteile hinter den Toiletten liegt, untergebracht. Von der Kabine aus ist dieser Raum durch eine Tür erreichbar. Die Beladung erfolgt jedoch meistens durch eine entsprechende Öffnung von außen. Die Beladungsklappe wird dann ebenso hermetisch abgedichtet wie die Einstiegtüren für Fluggäste und Besatzung. Bei größeren, zweistöckigen Flugzeugen befindet sich der Gepäckraum im unteren Deck.

B o r d k ü c h e

Die meisten Verkehrsflugzeuge besitzen eine Bordküche, die im internationalen Sprachgebrauch als "Pantry" (lies: pentri) bezeichnet wird.

Eine geschickte Lösung der Konstruktion der Bordküchenanlage ist nicht einfach, da auf kleinstem Raum und mit geringstmöglichem Gewichtsauwand eine große Anzahl von Schüsseln, Tellern, Gläsern, Flaschen, ERbestecken usw. sowie ein Kühlschrank, eine Kaffeemaschine u.ä. untergebracht werden müssen (Bilder 2.24 und 2.25, Seite 46). Bei langen Flügen ohne Zwischenlandung werden Frühstück, Mittag- und Abendessen gereicht. Weiterhin wird häufig verlangt, daß zu jeder Zeit frischer Kaffee, gekühltes Bier, temperierte Weine, frisches Gebäck und Eisgetränke zur Verfügung stehen.

Im Beispiel eines bestimmten Langstreckenverkehrsflugzeugs wurden für etwa 90 Fluggäste einschließlich Besatzung zwei warme Mahlzeiten - Mittag- und Abendbrot - sowie Frühstück und verschiedene Getränke gefordert. Das ergab folgenden Bedarf an Geräten und Nahrungsmitteln, wobei darauf hingewiesen werden muß, daß ein Geschirrabwasch während des Flugs unmöglich ist: 800 Tel-

ler und Tassen, über 600 Besteckteile, 290 Gläser aller Art, 270 Tablett, die gleichzeitig als Tischplatten benutzt werden, 175 Kilogramm feste Nahrungsmittel sowie die Getränke. Der zur Verfügung stehende Küchenraum umfaßte 2 mal 3 Meter Bodenfläche.

Die warmen Gerichte werden vor dem Flug fertig zubereitet und dann auf -40°C tiefgekühlt. Sie werden in Tiefkühlfächern aufbewahrt, vor dem Gebrauch aufgetaut und tischfertig gewärmt. Die elektrisch betriebene Kaffeemaschine liefert gleichzeitig auch heißes Wasser für Tee, Kakao u.ä.

Um ein schnelles Startklarmachen eines Flugzeugs zu gewährleisten, müssen die Küchenausstattungen gewissen Bedingungen genügen. Die Speisen und entsprechenden Tablett sowie das Geschirr werden in transportablen Behältern aus leichtem Kunststoff oder Leichtmetall mit zweckentsprechenden Einrichtungen gestapelt und nach dem Gebrauch in derselben Weise wieder abgestellt. Bei einem neuen Flugklarmachen wird die ganze Ausstattung einfach ausgetauscht.

Es muß jedoch hierzu abschließend bemerkt werden, daß der "Dienst am Kunden" in bezug auf die Bordverpflegung von den Luftfahrtgesellschaften kapitalistischer Länder aus Konkurrenzgründen häufig stark übertrieben wurde. Die Tendenz geht jetzt aber wieder dahin, diese Überspitzungen auf ein vernünftiges Maß zurückzuschrauben und dafür teilweise die Flugpreise zu reduzieren.

W a s c h r a u m u n d T o i l e t t e

Die Anzahl der Waschräume und Toiletten in einem Flugzeug richtet sich nach der maximalen Fluggastzahl. Diese Räume werden am vorderen oder hinteren Ende der Kabine oder auch auf beiden Seiten angeordnet.

Die Einrichtungen müssen hinsichtlich Hygiene und Ausstattung modernsten Anforderungen genügen. Bisher wurden vorwiegend normale Toiletten mit Wasserspülung eingebaut, wozu ein Wassertank von jeweils etwa 250 Liter Inhalt eingebaut ist, der auch gleichzeitig das Wasser für den Waschraum liefert. Neuerdings werden auch chemische Toiletten verwendet, die völlig geruchfrei und hygienisch einwandfrei sind.

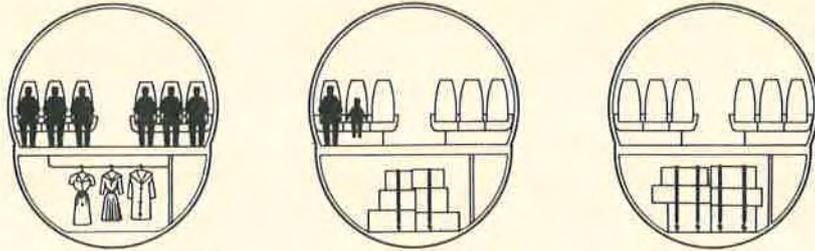
Der Waschraum enthält neben dem Waschrack mit beleuchtetem Wandspiegel Automaten für Handtücher, Seife und Becher.

2.5. Frachtraum

Bei manchen Fluglinien tritt der Fall ein, daß im Hinflug die Fluggastkabine voll, auf dem Rückflug jedoch nur zum Teil ausgelastet ist. Hierbei ist es zweckmäßig, einen Teil der Sitze zu entfernen und den frei werdenden Platz als Frachtraum zur Unterbringung von Gütern zu verwenden. Damit läßt sich die Rentabilität des Flugs steigern.

Eine andere Lösung bei größeren Flugzeugen ist die, daß der Rumpf doppelstöckig aufgebaut ist, wobei die obere Etage für die Fluggäste, die untere für die Fracht vorgesehen ist. Bei voller Passagierzahl kann nur eine geringe Menge Fracht mitgenommen werden, um die maximale Nutzlast nicht zu überschreiten. Bei geringerer Ausnutzung der Sitzkapazität kann dann die fehlende Nutzlast durch Fracht aufgefüllt werden (Bild 2.26, Seite 52). Derartige Flugzeuge werden so entworfen und konstruiert, daß sie in allen Fällen der Nutzlastauf-

teilung auf Fluggäste und Fracht im Betrieb wirtschaftlich sind, z.B. PTL-Verkehrsflugzeug Vickers "Vanguard".



vollbesetzte
Fluggastkabine,
zusätzlich sper-
rige Leicht-
fracht (unver-
packte Konfek-
tionsware, Blu-
men, Kleintiere
u.ä.)

Fluggastkabine
zu 25 Prozent
besetzt,
zusätzlich Luft-
fracht

nur Luftfracht,
ohne Ausbau der
Fluggastsitze

Bild 2.26 Schnelle Umstellmöglichkeit von reinem Flug-
gastverkehr auf Luftfrachtbetrieb oder ge-
mischten Fluggast-Frachtdienst bei etwa
gleichbleibender Ausnutzung der möglichen
Nutzlast

Es können auch sogenannte Mehrzweckversionen eingesetzt werden, bei denen eine als Passagierflugzeug eingerichtete Maschine ohne größere Schwierigkeiten nach Entfernung der Sitze in ein Frachtflugzeug verwandelt werden kann. Damit läßt sich ein geräumiger, durchgehender Raum zur Aufnahme der Fracht schaffen. Anstelle der Sessel werden an denselben Befestigungsstellen Roste zum Festzurren der Güter angebracht. Damit spart der Flugzeughalter ebenfalls die Investition für reine Frachtmaschinen.

Selbstverständlich werden auch reine Frachtflugzeuge gebaut und eingesetzt, die vor allem zum Transport großer und sperriger Güter dienen. Die hierfür notwendigen großen Ladeluken befinden sich meistens am Heck und manchmal zusätzlich am Bug des Flugzeugs (Bild 2.27, Seite 46). Bei einigen Sonderkonstruktionen kann z.B. während der Beladung das ganze Flugzeugheck abgeklappt werden (Bild 2.28, Seite 47), oder der ganze Frachtraum wird als auch auf der Straße fahrbarer Transportbehälter unter dem relativ flachen Flugzeugrumpf befestigt (Bild 2.29, Seite 47). Derartige Frachtflugzeuge transportieren nahezu alle Güter (durchschnittlich 5 bis 20 Tonnen, in einigen Fällen bis zu 50 Tonnen). Auch Tiere aller Art werden befördert (Bild 2.30, Seite 47).

Literaturverzeichnis

- [1] Schulshenko, M.U. und Mostowoj, A.S.: Lehrgang der Flugzeugkonstruktion [russ.] . Moskau: Staatlicher Verlag der Verteidigungsindustrie 1956.
- [2] Sönnichsen, Theo E.: Das Flugzeug. Berlin: Verlag Richard Carl Schmidt u. Co. 1940.
- [3] Otto, Gerhard: Entwurf und Berechnung von Flugzeugen. Berlin: C.J.E. Volckmann Nachf. E. Wette 1937.
- [4] Conway, H.G.: Landing Gear Design (Entwicklung des Fahrwerks). London: Chapman u. Hall Ltd. 1958.
- [5] Picht, Wolf-Dietrich: Moderne Flugzeugtechnik. Berlin: VEB Verlag Technik 1960.
- [6] Schumacher, E.: Die Fahrwerke der heutigen Flugzeuge.
Luftfahrttechnik 4 (1958) Nr. 11, Seite 294 - 306
4 (1958) Nr. 12, Seite 320 - 338
5 (1959) Nr. 1, Seite 22 - 30
5 (1959) Nr. 3, Seite 89 - 92

Bildnachweis

- 2.12, 2.24 Werbefotos der Firma Sud-Est, Paris
- 2.20 Prospektausschnitt der Firma Fokker, Amsterdam
- 2.29 Feuchter, Georg W.: Taschenbuch der Luftfahrt 1954.
J.F. Lehmanns Verlag München 1954

Sachwörterverzeichnis

- Abführung der statischen Elektrizität 34
Absenken bei Tandemfahrwerk 10
Amphibienfahrwerk 13
Anforderungen an die Federstrebe 30
- an Schwimmwerke 35
- Backenbremse 26
Beanspruchungen des Fahrwerks 3
Behaglichkeitsgrenzen 42
Beleuchtungskörper 44
Besatzungsraum 41
Bodendruck 24
Bordküche 50
Bremsen 26
Brems-trommel 26,28
-automat 26
-backen 26
-belag 26,29
-belagplättchen 28
-käfig 28
-schild 26
-zylinder 26
Bugfahrwerk 2,8
Bugrad-lenkung 34
-nachlauf 9
- Dämpfung gegen Fahrwerkschwingungen 8,9
Doppelrad-Fahrwerk 9,11
Dreibeinfahrwerk 6
Dreieckstrebe 5
Drosselbohrung 32
Druckkabine 42
Duo-Servobremse 28
- Einbeinfahrwerk 6
Einfach-Servobremse 26
Einzieharten 16
elektrisch 16
hydraulisch 16
mechanisch 16
Einzieh-fahrwerk 1,16
-richtungen für Fahrwerke 19
-strebe 19,33
-Stützwchwimmer 38
-vorgang bei Fahrwerken 16,18
Elektronikraum 40
Erdungskette 34
- Fahrwerk-abdeckung 21
-anordnungen 2
- aufgaben 1
-bauteile 23
-beanspruchungen 3
-gondel 12,21
-kinematik 17
-klappenbetätigung 22
-verkleidung 21
-verriegelungsarten 17
Federstrebe 29
-ndämpfung 30
Anforderungen an die - 30
Luft- 31
Öl- 33
Öl-Luft- 32
Ring- 31
Felge 24
Fender 36
Filzdistanzstück 43
Flutterdämpfer 8,9
Flossenstummel 38
Flugboot 37
Fluggastkabine 41,44,46,48
Flugzeugbremsen 26
Backen-bremse 26
Duo-Servo- 28
Einfach-Servo- 26
Mehrfach-Scheiben- 29
Scheiben- 26
Schlauch- 26,28
Schlauch-Scheiben- 29
Trommel- 26
Flugzeugtypen
"152 I" 3
"152 II" 3,12,13,21
An 10 "Ukraina" 11,21
Boeing B 47 3,10
Boeing B 52 10
Boeing 707 13
Bristol "Britannia" 18
C 130 "Hercules" 11
"Caravelle" 13,45,46
DC 8 13
F 13 5
F 104 "Starfighter" 21
Fokker "Friendship" 49
FW 200 12
"Gigant" 11
IL 14 3,18,19,13,45
IL 18 40
Jak 18 19
Ju 52 7
Ju 60 19
Ju 86 16
Ju 88 21
Ju 90 12
Ju 160 16
Junkers G 38 11
Martin "Seamaster" 37
Me 109 19
MiG 15 19
Super Aero 19
Tu 104 12,13,18,21
Tu 114 9,13,45,46
Vickers "Vanguard" 52
Flügelendkappe als Schwimmer 37
Formverhältnis des Reifens 24
Frachtraum 51
Fülldruck des Reifens 24
- Garderobe 50
Gelenkachse 5
Gepäckraum 50
Glasfaser-Kunstharz-Laminat 41
Gummifederung 5,6
- Hauptfahrwerk 5
Heckfahrwerk 2,5
Höhenkabine 42
doppelwandige - 42
einwandige - 42
Hydronalium 36
Hydro-Skier 38
- Innen-ausstattung 40
-verkleidung 44
Isolation 42
Schall- 42
Wärme- 42
Isolierschaumstoffe 43
- Kapok 43
Kegelrollenlager 23
Kielung 35
Kinematik von Einziehfahrwerken 17
Klimaanlage 42
Kufenfahrwerk 15
Kurvenrollen 3,7
- Lande-fälle 3
-geschwindigkeit 2
-kufen 15
-stoß 1
Lastvielfaches, seitliches 3
Lenk-barkeit 1
-einrichtung 34
Lenkerschere 8,34
Luftfederstrebe 31

- Luxuskabine 51
- M**anschette 6,7
- Mehrfach-Scheibenbremse 29
- Mehrradfahrwerk 11
- Mehrzweckversionen 54
- N**ebenräume 52
- Bordküche 52
- Garderobe 52
- Gepäckraum 52
- Toilette 53
- Waschraum 53
- Notausstieg 46
- Ö**lfederstrebe 33
- Öl-Luft-Federstrebe 32
- P**antry 52
- Passagierkabine (Fluggastkabine) 43
- R**ad 23
- Drahtspeichen- 23
- Elektronguß- 23
- Leichtmetallguß- 23
- Vollscheiben- 23
- Rad-antrieb 5
- bremse 25
- körper 23
- verkleidung 6
- Radar-anlage 40
- antennenspiegel 43
- anzeige-Bildschirm 43
- nase 40
- Raupenfahrwerk 13
- Reifen 24
- formverhältnis 24
- fülldruck 24
- profilform 25
- Ballon- 24
- Hochdruck- 24
- Hochleistungs- 24,25
- Mitteldruck- 24
- schlauchlose - 25
- Ring-federstrebe 31
- ventil 32
- Rollen am Boden 3
- Roll-geschwindigkeit 3
- stabilität 1,9
- strecke 1
- widerstand 7
- Rumpfaufteilung 40,41
- Rundsichtverglasung 43
- S**challisolation 44,45
- Schaumstoff zur Wärmeisolation 45
- Scheibenbremse 26,29
- Schiebelandung 4
- Schlafsessel 50
- Schlauch-bremse 26,28
- Scheibenbremse 29
- Schleifsporn 7
- Schleppen am Boden 3
- Schneekufen 3,15
- Schraubenfederstrebe 30
- Schwimmer 35
- befestigungen 36
- stufen 35
- Stütz- 37
- Zentral- 37
- Schwimmwerk 35
- Anforderungen an das - 35
- Schwinghebelfahrwerk 5
- Service-Kasten 50
- Servobremse 28,29
- Sessel 46
- anordnungen 50
- befestigung 50
- Schlaf- 47,50
- Sicherheitszahl 4
- Sitzanordnung 46
- Sporn 2,5,7
- federstrebe 7
- gabel 8
- körper 7
- platte 7
- rad 2,5,8
- schuh 7
- sohle 7
- Schleif- 7
- Spurweite 19
- statische Elektrizität, Abführung 34
- Stoßgeschwindigkeit 4
- Stützfahrwerk 3,9
- Stütزشchwimmer 37
- als Flügelendkappe 37
- einziehbarer - 38
- fester - 37
- T**andemfahrwerk 3,9
- Tellerventil 31
- Toilette 53
- Trommelbremse 26
- V**erriegelung von Fahrwerken 17
- Vinidurplatte 45
- W**affelfilz 45
- Wagenfahrwerk 9,12
- Waschraum 53
- Wärmeisolation
- Wellenbinderform 35
- Z**entralschwimmer 37

Aufbau des Flugzeugs

Band 1: Aufbau des Tragflügels

1. Entwicklung des Flugzeugaufbaus
2. Baugruppen des Flugzeugs
3. Einteilung der Flugzeuge nach äußeren Merkmalen
4. Aufbau des Tragflügels
 - 4.1. Tragflügelformen
 - 4.2. Aerodynamische Betrachtung
 - 4.3. Beanspruchungen des Tragflügels
 - 4.4. Konstruktive Gestaltung
Bauweisen, Konstruktionselemente, Verbindungsverfahren,
Ein- und Anbauten

Band 2: Aufbau des Rumpfes, des Leitwerks und der Steuerung

1. Aufbau des Rumpfes
 - 1.1. Rumpfformen
 - 1.2. Aerodynamische Güte des Rumpfes
 - 1.3. Beanspruchungen des Rumpfes .
 - 1.4. Konstruktive Gestaltung
Bauweisen, Konstruktionselemente, besondere Konstruktionsmerkmale, Gestaltung der Druckkabine, Gestaltung des Flugbootrumpfes
2. Aufbau des Leitwerks
 - 2.1. Aufgaben des Leitwerks
 - 2.2. Leitwerkformen und -anordnungen
 - 2.3. Beanspruchungen des Leitwerks
 - 2.4. Konstruktive Gestaltung
Höhen- und Seitenflossen, Höhen-, Seiten- und Querruder
 - 2.5. Landehilfen
 - 2.6. Aerodynamische Bremsen
3. Aufbau der Steuerung
 - 3.1. Aufgaben und Beanspruchungen der Steuerung
 - 3.2. Wirkungsweise und Aufbau der verschiedenen Steuerungssysteme
Bedienelemente, mechanische Steuerung, Booster-Steuerung, Maschinen-Steuerung, automatische Steuerung

Band 3: Aufbau des Fahrwerks und Innenausstattung des Flugzeugs

1. Aufbau des Fahrwerks
 - 1.1. Aufgaben des Fahrwerks
 - 1.2. Fahrwerkanordnungen
 - 1.3. Beanspruchungen des Fahrwerks
 - 1.4. Konstruktive Gestaltung
Heck-, Bug-, Tandemfahrwerk, Sonderfahrwerke für Landflugzeuge, Einziehvorgang, Bauteile des Fahrwerks, Schwimmwerke
2. Innenausstattung des Flugzeugs
 - 2.1. Radarnase und Elektronikraum
 - 2.2. Besatzungsraum
 - 2.3. Fluggastkabine
 - 2.4. Nebenräume
 - 2.5. Frachtraum

5. Dr.-Ing. Strauss	Windkanäle als Arbeitsmittel für die Flugzeugentwicklung Bestell-Nr. 7007	DM 1,75
6. Obering. Griebisch	Die Perspektive der Flugzeugfertigung Bestell-Nr. 7008	DM 1,50
7. Dipl.-Ing. Günther	Festigkeitsprobleme des modernen Flugzeugbaus Bestell-Nr. 7009	DM 1,50
8. Dr.-Ing. Lehmann	Einige aerodynamische und flugmechanische Probleme des Verkehrsflugzeugbaus Bestell-Nr. 7010	DM 1,25
9. Dr. rer. nat. Grochalski	Ausnutzungsmöglichkeiten der Atomenergie für den Antrieb von Flugzeugen Bestell-Nr. 7011	DM 1,50
10. Dipl.-Ing. Jürgens	Diesseits und jenseits der Schallmauer - Aerodynamische Vorgänge bei Unter- und Überschallgeschwindigkeit Bestell-Nr. 7012	DM 1,00
11. Ing. Hauthal	Die technische Gamma-Durchstrahlung und die Perspektiven ihrer Anwendung in der Luftfahrtindustrie Bestell-Nr. 7013	DM 1,00
12. Prof. Dr.-Ing. Claussnitzer	Flugzeuggeräte und elektrische Ausrüstung von Flugzeugen (ein Überblick) Bestell-Nr. 7015	DM 1,50
13. Obering. Haseloff Ing. Kokoschke	Druckkabinen und Klimaanlage Bestell-Nr. 7016	ca. DM 1,25
14. Ing. Paasch	Einführung in das Gebiet Festigkeitsvorschriften für Flugzeuge Bestell-Nr. 7017	DM 1,00
15. Dr.-Ing. Mansfeld	Organisation und Technik der Flugsicherung Bestell-Nr. 7019	DM 1,50

Bestellungen, möglichst Sammelbestellungen, nehmen für die Mitarbeiter der Luftfahrtindustrie die Technischen Kabinette in den Werken oder andere dafür bestimmte Abteilungen entgegen. Alle anderen Interessenten geben ihre Bestellungen bei der Zentralstelle für Literatur und Lehrmittel, Abteilung Bestell- und Lieferwesen, Dresden N 2, Postfach 40, auf.

ZENTRALSTELLE FÜR LITERATUR UND LEHRMITTEL

Lehrschriften für die Berufsausbildung und Qualifizierung

- | | | |
|---|---|-------------|
| 1. Dipl.-Ing. oec. Hehl
Dipl.-Ing. oec. Wintruff | Bedeutung des Flugzeugs und Flugzeugbaus in unserer Zeit
Bestell-Nr. 7201 | DM 1,50 |
| 2. Dipl.-Gwl. Günther | Einteilung und vergleichende Übersicht der Flugtriebwerke
Bestell-Nr. 7212 | DM 1,00 |
| 3. Dipl.-Ing. Berthold
Dipl.-Gwl. Günther | Physikalische Grundlagen der Flugzeugantriebe
Bestell-Nr. 7219 | DM 1,00 |
| 4. Ing. Römer | Korrosion und Korrosionsschutz unter besonderer Berücksichtigung des Flugzeugbaus
Bestell-Nr. 7213 | DM 2,00 |
| 5. Dipl.-Ing. Kleiber | Elektrische Ausrüstung im Flugzeug
Bestell-Nr. 7229 | DM 2,50 |
| 6. Dipl.-Ing. Richter | Grundlagen der elektrischen Bordgeräte
Bestell-Nr. 7227 | DM 2,25 |
| 7. Ing. Hückel
Dipl.-Gwl. Förster | Stahl und Eisen unter besonderer Berücksichtigung des Flugzeugbaus
Bestell-Nr. 7202 | DM 2,50 |
| 8. Dipl.-Ing. Hoffmann | Aufbau des Tragflügels
Bestell-Nr. 7208 | DM 1,50 |
| 9. Lehmann, Joachim | Normalnieten
Bestell-Nr. 7304 | DM 1,00 |
| 10. Schweißing. George | Metallschweißen im Flugzeugbau
Bestell-Nr. 7226 | DM 2,50 |
| 11. Dipl.-Ing. Hoffmann | Aufbau des Rumpfes, des Leitwerks und der Steuerung
Bestell-Nr. 7245 | ca. DM 2,25 |

Vorträge und Abhandlungen

- | | | |
|----------------------------|---|---------|
| 1. Obering. Strobel | Neuzeitliche Konstruktionen und Bauweisen im Flugzeugbau
Bestell-Nr. 7001 | DM 1,25 |
| 2. Prof. Dr. phil. Cordes | Das Strahltriebwerk als Flugzeugantrieb
Bestell-Nr. 7002 | DM 1,30 |
| 3. Prof. Dr.-Ing. Backhaus | Einführung in Probleme der aerodynamischen Flugzeuggestaltung
Bestell-Nr. 7003 | DM 1,30 |
| 4. Dipl.-Ing. Schmitt | Schwingungsprobleme im Flugzeugbau
Bestell-Nr. 7006 | DM 1,25 |