Zeitschrift: Prisma : illustrierte Monatsschrift für Natur, Forschung und Technik
Band: 3 (1948)
Heft: 1: Flug-Sondernummer

Artikel: Rund 6000 PS für ein Flugzeug
Autor: Burg, Johannes
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-653357

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 07.08.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Rund 6000 PS für ein Flugzeug

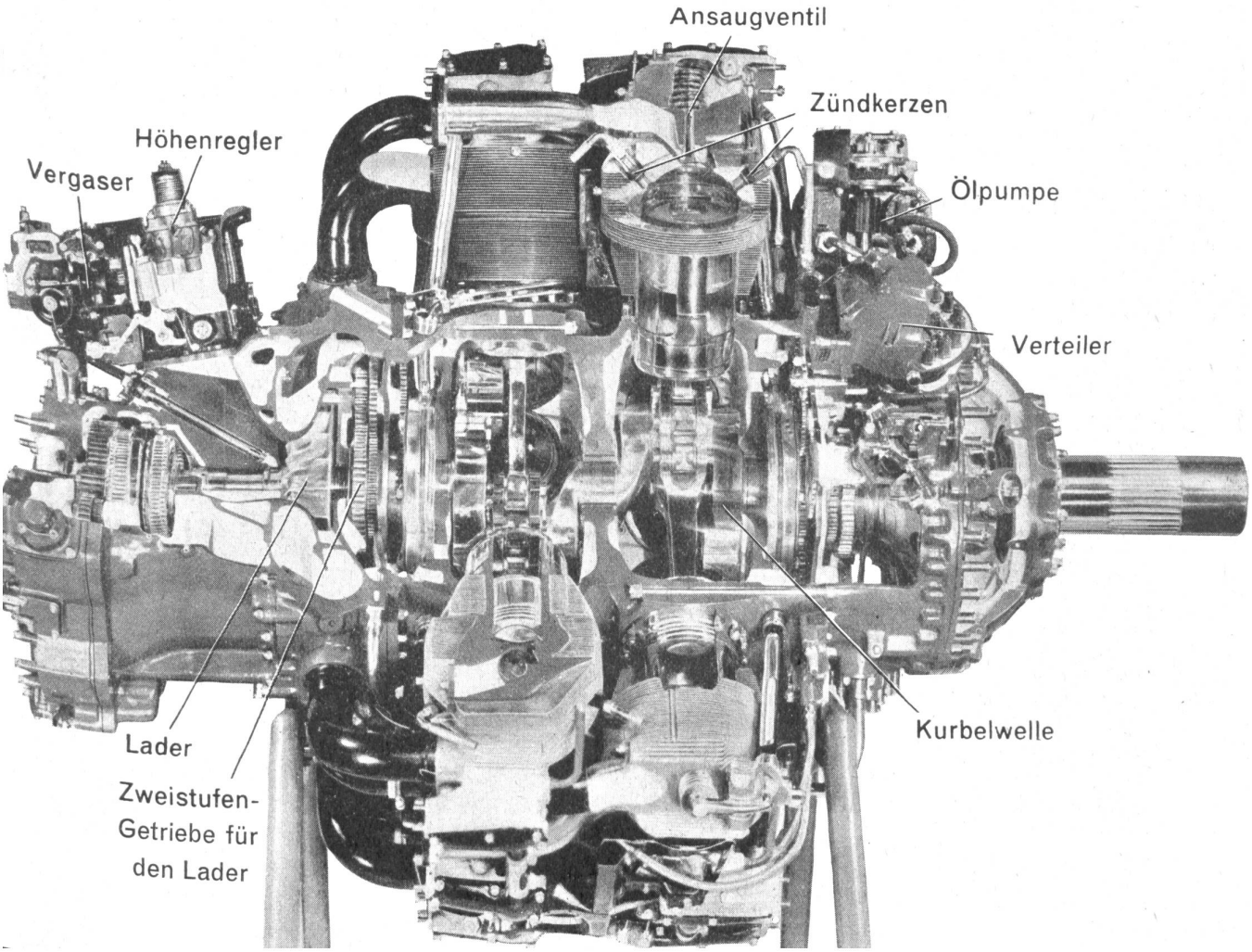
Von Johannes Burg

Eine zweimotorige Douglas DC-3 wiegt bei voller Besetzung mit 21 Passagieren sowie mit vollgefüllten Benzintanks rund 12 Tonnen, und eine viermotorige DC-4 mit 44 Passagieren rund 33 Tonnen. Diese Gewichte entsprechen ungefähr dem Ladegewicht von 1 bis 3½ Eisenbahngüterwagen oder von 2 bis 7 schweren Lastautomobilen. Um diese gewaltigen Massen in die Luft zu erheben, muß das Flugzeug eine bestimmte Mindestgeschwindigkeit erreichen; selbst bei Erhöhung des Auftriebes durch Ausfahren der Landeklappen beträgt diese Mindestgeschwindigkeit bei der zweimotorigen DC-3 etwa 120 Kilometer in der Stunde und bei der viermotorigen DC-4 etwa 150 Kilometer in der Stunde. Beim Flug selbst ist aber die Geschwindigkeit etwa 250 bis 350 km/h für die verschiedenen Flugzeugtypen. Die hierfür erforderliche Zugkraft erzeugen die Motoren mit Hilfe der Propeller.

Bei der Konstruktion eines Flugzeuges und bei seinem Bau wird mit großer Sorgfalt darauf geachtet, daß sein Luftwiderstand so klein wie möglich ausfällt, damit man mit einer möglichst niedrigen Motorenleistung auskommt. Trotzdem ist der für die hohen Fluggeschwindigkeiten nötige Kraftbedarf gewaltig, denn der Luftwiderstand wächst im Quadrat der Geschwindigkeit an.

Die größten Anforderungen an den Flugmotor werden beim *Start* gestellt, denn hier kommt es darauf an, die 12 bis 33 Tonnen schwere Masse des Flugzeuges so schnell wie möglich auf die hohe Geschwindigkeit zu beschleunigen, bei der es sich vom Boden abheben kann. Die für den Start erforderliche Höchstleistung (Startleistung) vermag aber jeder Flugmotor nur für wenige Minuten abzugeben; wird er länger so hoch beansprucht, dann wird er zu heiß, und es besteht die Gefahr, daß ein Kolben «frißt» oder sonst ein

Bild 1: *Schnittmodell des Pratt & Whitney-Flugmotors «Double Wasp». Einige Teile sind in Plexiglas ausgeführt, um den komplizierten Aufbau dieser Maschine deutlicher zu machen. Der Motor hat 2 × 9 = 18 Zylinder und besitzt eine Höchstleistung von 2130 PS, die bei Innenkühlung, das heißt bei Einspritzen von Wasser, auf 2400 PS gesteigert werden kann.*



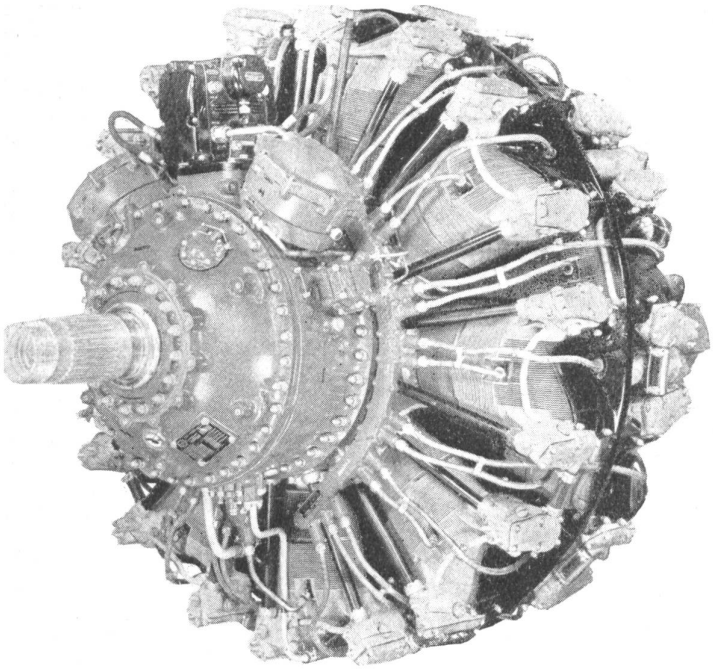


Bild 2: *Großflugmotoren mit Leistungen von mehr als 2000 PS, wie sie für die modernen Verkehrsflugzeuge benötigt werden, sind außerordentlich komplizierte Gebilde. Der Pratt & Whitney «Double Wasp», der in die von der Swissair bestellten zweimotorigen Flugzeuge «Convair-Liners» eingebaut ist, konnte in jahrelanger sorgfältiger Entwicklungsarbeit zu einer äußerst robusten und zuverlässigen Maschine entwickelt werden, die heute bei vielen Fluggesellschaften in der ganzen Welt im Dienst steht und überall zur Zufriedenheit arbeitet.*

Schaden eintritt. Während des Reisefluges wird der Motor dann nur noch zu einem Teil seiner vollen Leistungsfähigkeit beansprucht. Wie hoch diese Teilbeanspruchung ist, hängt ganz von dem Ermessen der verantwortlichen Techniker ab. Je höher diese Dauerbeanspruchung ist, desto größer ist natürlich der Verschleiß des Motors und dementsprechend um so kürzer seine Lebensdauer. Die Swissair beschränkt sich beim Reiseflug auf eine 60prozentige Ausnützung der vollen Motorleistung. Diesem Umstand hat sie nicht nur eine hohe Lebensdauer ihrer Motoren zu verdanken, sondern, was noch wichtiger ist, eine außerordentlich hohe Betriebsregelmäßigkeit von praktisch hundert Prozent.

Für die verschiedenen Flugzeugtypen der Swissair werden Motorentypen verwendet, deren Startleistung zwischen 720 und 2400 PS liegt. Je nachdem, ob das einzelne Flugzeug mit 2 oder 4 Motoren ausgerüstet ist und welcher Motorentyp verwendet wird, steht eine Gesamtleistung von 1440 bis zu 5800 PS zur Verfügung, also eine Leistung, die zum Antrieb eines ganz respektablen Hochseeschiffes genügen würde. Auf den einzelnen Passagier umgerechnet, ergibt sich somit ein «Anteil» an dieser Gesamtleistung von 68 bis 132 PS. Solch ein Leistungsaufwand mag zunächst übertrieben hoch erscheinen, jedoch ist zu bedenken, daß hiervon für den eigentlichen Flug nur etwa zwei Drittel benötigt werden, also nur etwa 45 bis 90 PS. Dieser Leistungsaufwand erscheint aber doch schon als recht vernünftig, denn niemand wird etwas dabei finden, wenn ein Automobil gleicher Stärke nur von *einer* Person gefahren wird. Im Flugzeug wird aber mit der gleichen Motorleistung eine viel größere Transportleistung erreicht als sie das Serienautomobil jemals, und sei es auf noch so guten Autostraßen, erreichen kann.

So große Anerkennung auch dem Konstrukteur und dem Fabrikanten eines rassigen Automobilmotors oder eines robusten und äußerst sparsamen Großdieselmotors gezollt werden muß, so hat doch der Flugmotor als *die* Spitzenleistung im Motorenbau zu gelten. Hohe Leistung *und* geringes Gewicht sind hier im Gegensatz zu den beiden anderen Fällen untrennbare Forderungen, die nur durch eine sehr sorgfältig abgewogene Konstruktion und durch gewissenhafte Materialauswahl erfüllt werden können.

Der interessanteste der in den Swissair-Flugzeugen verwendeten Motoren ist der Pratt & Whitney «*Double Wasp*» R-2800, ein Doppelsternmotor mit $2 \times 9 = 18$ Zylindern. Er ist mit einem Aufladegebläse versehen, das in der Ansaugleitung einen leichten Überdruck erzeugt und dadurch eine bessere Füllung der Zylinder, also eine höhere Leistung bewirkt. Die Startleistung von 2135 PS kann bei Wassereinspritzung nochmals um rund 300 PS, also auf *2400 PS gesteigert* werden. Das Einspritzen von Wasser hat den Zweck der «Innenkühlung», denn durch das Verdampfen des feinversprühten Wassers in den Zylindern wird Wärme verbraucht und somit die gewünschte Kühlwirkung erzielt. Der Antrieb des Gebläses, das eine sehr hohe Drehzahl haben muß, erfolgt über ein Getriebe, das zwei Stufen hat. Die zweite Stufe, mit der eine besonders hohe Drehzahl des Gebläserades erzeugt werden kann, wird nur beim Flug in großer Höhe (über 5000 Meter) eingeschaltet.

Der Pratt & Whitney «Double Wasp» hat ein Gesamthubvolumen von 45,9 Liter, so daß auf den einzelnen Zylinder ein *Hubvolumen* von rund $2\frac{1}{2}$ Liter entfällt, also so viel wie für einen mittelstarken Personenwagen notwendig ist. Auf jeden einzelnen Zylinder entfällt eine Leistung von *118 PS* (bei Wassereinspritzung von *135 PS*), das heißt fast so viel, wie unsere stärksten Personenwagenmotoren leisten. Die Literleistung erreicht mit mehr als 46 PS pro Liter Hubvolumen Werte, wie sie nur ganz wenige Personenwagenmotoren mit ausgesprochen sportlichem Charakter, zum Beispiel Alfa Romeo und BMW aufweisen; bei Wassereinspritzung beträgt die Hubraumleistung sogar 53 PS/L. Diese Zahlen allein bringen jedoch noch nicht genügend zum

Ausdruck, welche großartige Leistung ein solcher Flugmotor darstellt, denn so hohe Literleistungen sind um so schwieriger zu erreichen, je größer der Hubraum des einzelnen Zylinders ist, weil sich die Möglichkeit der Kühlung mit zunehmendem Hubraum verschlechtert. Und ein Drittel der bei der Verbrennung des Benzins im Motor freiwerdenden Wärme *muß* ja irgendwie abgeführt werden, damit der Motor nicht zu heiß wird.

Noch ein anderer Umstand hebt die im Flugmotor verkörperte großartige Ingenieurleistung besonders hervor; die erwähnte hohe Literleistung wird schon bei verhältnismäßig niedriger *Drehzahl*, nämlich bei 2800 Umdrehungen in der Minute erreicht. Automobilmotoren dagegen, die annähernd an den genannten Betrag herankommen, arbeiten mit einer 1,4 bis 1,8 mal größeren Drehzahl.

Die Leistung eines Motors wird einerseits durch die Drehzahl, andererseits durch den im Zylinder herrschenden mittleren Gasdruck bestimmt. Wenn also, wie in diesem Falle, die Drehzahl niedrig ist, muß der mittlere Gasdruck hoch sein. Er beträgt bei dem erwähnten Motor 17 kg/cm² und ist damit gegenüber dem mittleren Gasdruck von normalen Automobilmotoren 1,3 bis 2,1 mal größer. Dies bedeutet, daß auf die ganze Fläche des Kolbens bei jedem Verbrennungstakt ein *mittlerer* Druck von 2500 Kilo, also von 2½ Tonnen auf die Triebwerke wirkt! Der *maximale* Gasdruck aber, der im Augenblick der Verbrennung am oberen Todpunkt des Kolbens entsteht, ist noch viel größer. Dieses Zahlenbeispiel zeigt, daß für alle Teile des Motors das beste Material gerade noch gut genug sein kann.

Trotz der hohen Beanspruchung aller Triebwerksteile ist durch die Verbesserung der Werkstoffe und durch die Verbesserung der Herstellungsmethoden die *Betriebszeit* eines Flugmotors heute 2 bis 5 mal so groß wie vor etwa 15 Jahren. Bis eine gründliche Revision erforderlich wird, sind die älteren Motorentypen der Swissair 400 Stunden, die neueren sogar bis zu 1000 Stunden im Betrieb. Bei der dann erforderlichen Generalrevision werden sie vollständig auseinander genommen, und sämtliche Teile werden auf Rißfreiheit geprüft. Bei den Stahlteilen geschieht dies durch das Magnaflux-Verfahren; die einzelnen Teile werden hierbei durch einen starken elektrischen Strom magnetisiert und gleichzeitig mit einer Aufschlämmung von feinen Eisenspänen bespült. An schadhaften Stellen werden die Eisenspäne durch den Magnetismus festgehalten und machen so auch die feinsten Risse sichtbar. Die Aluminiumteile werden nach einem anderen Verfahren, das mit Infrarotstrahlen arbeitet, ebenfalls gewissenhaft untersucht. Nach einer solchen Generalrevision, bei der die Zylinder ausgeschliffen und Kolbenringe sowie sämtliche Lager ausgewechselt werden, ist ein Motor wieder völlig neuwertig.

Ein Flugmotor, von dessen einwandfreiem Funktionieren das Schicksal von Menschenleben abhängt, bleibt jedoch nicht bis zum Termin der Generalrevision sich selbst überlassen. In Abständen von 25, 50 und 100 Betriebsstunden werden jeweils ganz bestimmte Revisionsarbeiten vorgenommen, bei denen ganz genau vorgeschriebene Kontrollarbeiten ausgeführt werden. Die Motoren der Verkehrsflugzeuge stehen somit

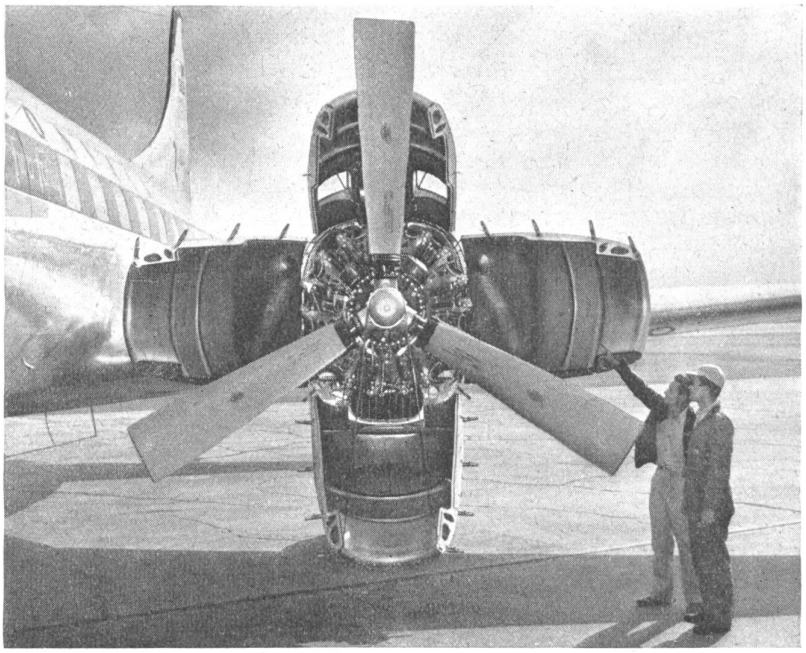


Bild 3: *Bis die große Generalüberholung des Motors nach einigen hundert Betriebsstunden fällig wird, werden in regelmäßigen Zeitabständen nach einem genau festgelegten Plan bestimmte Kontrollarbeiten vorgenommen, ohne daß die Maschine aus dem Flugzeug ausgebaut wird. Damit die Motoren für die Ausführung dieser Arbeiten von allen Seiten gut zugänglich sind, wurde beim neuen Convair-Liner die Verschalung des Motors zur Führung der Kühlluft vierteilig ausgeführt, damit sie wie eine «Orangenschale» auseinander geklappt werden kann.*

praktisch ständig unter gewissenhafter Überwachung, so daß sie nach menschlichem Ermessen im Betrieb nie versagen *können*.

Mit dem «Double Wasp» ist die technische Entwicklung noch nicht abgeschlossen. Das Ausland, insbesondere die USA und England, bauen immer größere Flugzeuge und sind heute bereits bei einem Fassungsvermögen von 150 bis 200 Personen angekommen. Solche Flugzeuge verlangen auch größere Triebwerkseinheiten. Pratt & Whitney hat für diesen Zweck einen Vierfach-Sternmotor von $4 \times 7 = 28$ Zylindern gebaut, der eine Startleistung von rund 3500 PS besitzt. Weitere ähnliche Motoren werden entwickelt.

Die außerordentlich großen Erfolge, die mit Gasturbinen-Strahltriebwerken in Jagdflugzeugen erzielt wurden, erweckten anfangs den Eindruck, als ob hiermit das Schicksal der Kolbenmotoren besiegelt sei. Dies trifft jedoch nicht zu, denn die Gasturbinen-Strahltriebwerke sind nur bei sehr hohen Geschwindigkeiten, das heißt bei mehr als 800 km/h wirtschaftlich. Aus diesem Grunde wurden für mittlere Geschwindigkeiten Gasturbinen-Propellertriebwerke gebaut. Diese Triebwerke haben zwar den Vorzug des geringen Gewichtes, des geringen Raumbedarfes und der einfacheren Herstellung, aber sie haben auch den Nachteil eines um etwa 30 Prozent höheren Treibstoffverbrauches. Daß der von ihnen benötigte Treibstoff wesentlich billiger ist als das von den Flugmotoren verlangte hochklopffeste Benzin, ist im Flugbetrieb nicht so entscheidend, denn vornehmlich das *Gewicht* des mitgeführten Treibstoffs entscheidet über die Wirtschaftlichkeit eines Verkehrsflugzeuges. In allen Fällen, in denen es in erster Linie im Interesse der zahlenden Nutzlast auf einen möglichst niedrigen Treibstoffverbrauch ankommt, ist daher der sparsame Kolbenmotor noch nicht zu ersetzen. Deshalb ist auch bis heute noch kein einziges Verkehrsflugzeug mit Turbotriebwerken ausgerüstet worden, so bestechend es auch für den Passagier sein muß, in einem Flugzeug zu fliegen, von dem er höchstens das Propellergeräusch, aber nicht mehr ein Maschinengeräusch wahrnimmt und bei dem auch durch den ausgeglichenen Lauf der Turbotriebwerke keinerlei Vibrationen mehr auftreten. Aber bis solche Triebwerke für Verkehrsflugzeuge Verwendung finden können, wird vermutlich noch geraume Zeit vergehen.

Die unsichtbare Straße

Von Herbert Sitterding

Fliegen ist schon lange keine Schönwetter-Angelegenheit mehr, denn ein Luftverkehr nach einem bestimmten Flugplan hat nur dann einen praktischen Sinn, wenn regelmäßig, das heißt bei *jeder* Wetterlage geflogen werden kann. Alle Flugverkehrsgesellschaften sehen daher ihren Ehrgeiz darin, eine möglichst hohe Flugregelmäßigkeit zu erreichen, und zwar ohne irgendein Risiko dabei einzugehen. Die Swissair steht mit einer Flugregelmäßigkeit von zirka 99% unter allen Flugverkehrsgesellschaften der Welt mit an erster Stelle, obwohl die meteorologischen und topographischen Verhältnisse gerade für die Flughäfen der Schweiz wegen der Nähe der Alpen und des Juras nicht gerade günstig sind.

Ein Flug bei schlechtem Wetter ohne jede Bodensicht wäre praktisch unmöglich, wenn es keine Instrumente gäbe, die dem Piloten die für die Beurteilung von Flugrichtung und Fluglage des Flugzeuges fehlenden Sinne ersetzen. Flugrichtung, Horizontalgeschwindigkeit, Sink- und Steiggeschwindigkeit sowie die Lage des Flugzeuges um seine Längsachse (sowohl bei Geradeausflug als auch beim Kurvenflug) werden dem Piloten durch verschiedene Instrumente laufend angezeigt, so daß er die Lage des Flugzeuges auch beim Fehlen jeglicher Sicht stets richtig korrigieren kann. Mit Hilfe dieser Instrumente ist der Pilot also in der Lage, «blind» zu fliegen. Da ein solcher ausschließlich nach den Instrumenten ausgeführter Flug für den Piloten jedoch recht anstrengend ist, hat er zu seiner Unterstützung noch den «automatischen Piloten» – übrigens nicht nur für den Blindflug –, durch den Flughöhe, Richtung und Geschwindigkeit auf Grund einer vorgenommenen Einstellung laufend automatisch korrigiert werden.

Diese Hilfsmittel reichen jedoch noch nicht aus, damit ein Flugzeug sein Ziel bei schlechtem Wetter mit Sicherheit direkt anfliegen kann. Zu seiner Orientierung in der Luft dienen radiotechnische Hilfsmittel verschiedener Art. Ursprünglich war die Flugzeug-Orientierung in Europa ausschließlich auf Radiotelegraphie eingestellt. Diese *radiotelegraphische* Orientierung beruht darauf, daß mit Hilfe einer drehbaren Rahmenantenne die Richtung, aus der eine Sendung empfangen wird, sehr genau ermittelt werden kann. Durch Zusammenarbeit zwischen Flugzeug und zwei Bodenstationen werden zwei Peilrichtungen bestimmt,