Ein **Flugzeug** ist ein [Luftfahrzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrzeug), das [schwerer als Luft](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrzeug#Schwerer_als_Luft) ist und den zu seinem [Fliegen](https://de.wikipedia.org/wiki/Fliegen_(Fortbewegung)) nötigen [dynamischen Auftrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Dynamischer_Auftrieb) mit nicht-rotierenden [Auftriebsflächen](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%A4che) erzeugt. In der enger gefassten Definition der [Internationalen Zivilluftfahrtorganisation](https://de.wikipedia.org/wiki/Internationale_Zivilluftfahrtorganisation) (ICAO) ist es auch immer ein [motorisiertes](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrtantriebe) Luftfahrzeug. Der Betrieb von Flugzeugen, die am [Luftverkehr](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftverkehr) teilnehmen, wird durch [Luftverkehrsgesetze](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrtrecht) geregelt.

Umgangssprachlich werden Flugzeuge mitunter auch *Flieger* genannt,[[1]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-flieger-1) der Ausdruck *Flieger* hat als Hauptbedeutung jedoch den [Piloten](https://de.wikipedia.org/wiki/Pilot).

**Inhaltsverzeichnis**

* [1Definition](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Definition)
* [2Abgrenzung zu anderen Luftfahrzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Abgrenzung_zu_anderen_Luftfahrzeugen)
* [3Genereller Aufbau](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Genereller_Aufbau)
* [4Bauweisen](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Bauweisen)
* [5Wartung und Lebensdauer](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Wartung_und_Lebensdauer)
* [6Grundlagen: Auftrieb und Vortrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Grundlagen:_Auftrieb_und_Vortrieb)
* [7Flugsteuerung](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Flugsteuerung)
* [8Weitere Klassifizierungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Weitere_Klassifizierungen)
* [9Geschichte](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Geschichte)
* [10Rekorde](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Rekorde)
* [11Siehe auch](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Siehe_auch)
* [12Literatur](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Literatur)
* [13Weblinks](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Weblinks)
* [14Einzelnachweise](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#Einzelnachweise)

Definition[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=1) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=1)]

Die Internationale Zivilluftfahrtorganisation ([International Civil Aviation Organization](https://de.wikipedia.org/wiki/International_Civil_Aviation_Organization), ICAO) definiert den Begriff *Flugzeug* wie folgt:

*Aeroplane*. A power-driven heavier-than-air aircraft, deriving its lift in flight chiefly from aerodynamic reactions on surfaces which remain fixed under given conditions of flight.

– International Civil Aviation Organization[[2]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-ICAO_Annex_2_2016_11_23-2)

Im rechtlichen Sprachgebrauch ist ein *Flugzeug* ein *motorgetriebenes Luftfahrzeug, schwerer als (die von ihm verdrängte) Luft, das seinen Auftrieb durch Tragflächen erhält, die bei gleichbleibenden Flugbedingungen unverändert bleiben,* allgemeinsprachlich *Motorflugzeug* genannt. Wenn in einem Gesetzestext also von *Flugzeugen* die Rede ist, dann sind immer nur Motorflugzeuge gemeint, nicht aber [Segelflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Segelflugzeug), [Motorsegler](https://de.wikipedia.org/wiki/Motorsegler) und [Ultraleichtflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Ultraleichtflugzeug). Letztere sind in [Deutschland](https://de.wikipedia.org/wiki/Deutschland) eine Unterklasse der [Luftsportgeräte](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftsportger%C3%A4t).

Manche Autoren verwenden eine weiter gefasste Definition, nach der auch die [Drehflügler](https://de.wikipedia.org/wiki/Drehfl%C3%BCgler) eine Untergruppe der Flugzeuge darstellen. Die eigentlichen Flugzeuge werden dann zur besseren Abgrenzung als *Starrflügler*, *Starrflügelflugzeug* oder *Flächenflugzeug* bezeichnet.[[3]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Bertelsmann-3)[[4]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Schmidt-4) Diese Einordnung widerspricht aber sowohl der rechtlichen Definition als auch dem allgemeinen Sprachgebrauch und kann damit als veraltet betrachtet werden.[[5]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Kopenhagen-5)

Die in diesem Artikel verwendete Definition richtet sich nach der umgangssprachlichen Bedeutung des Begriffes *Flugzeug*, die sämtliche Luftfahrzeuge umfasst, die einen Rumpf mit festen Tragflächen besitzen.[[6]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Duden-6)[[7]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-DWDS-7)

Abgrenzung zu anderen Luftfahrzeugen[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=2) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=2)]

[Ein Bild, das Flugzeug, Transport, draußen, Hubschrauberrotor enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:SFF_002-1055526_Fairey_Rotodyne.jpg)[Fairey Rotodyne](https://de.wikipedia.org/wiki/Fairey_Rotodyne): Ein Kombinationsflugschrauber mit Tragflächen[Ein Bild, das Transport, draußen, Flugzeug, Gras enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Atlantis_STS-112_landing.jpg)Raumgleiter wie das [Space Shuttle](https://de.wikipedia.org/wiki/Space_Shuttle) starten wie Raketen und landen wie Flugzeuge[Ein Bild, das Wirbellose, Flügel, Nachtfalter und Schmetterlinge, Person enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Nano_Hummingbird.jpg)Das [VTOL UAV](https://de.wikipedia.org/wiki/Vertical_Take-Off_and_Landing_Unmanned_Aerial_Vehicle) *Hummingbird* fliegt durch Flügelschlag

Bei Flugzeugen wird der [Auftrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Dynamischer_Auftrieb) – bei der Vorwärtsbewegung des Luftfahrzeugs – durch die Umlenkung der notwendigen Luftströmung an den [Tragflächen](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%A4che) (mit geeignetem [Profil](https://de.wikipedia.org/wiki/Profil_(Str%C3%B6mungslehre)) und [Anstellwinkel](https://de.wikipedia.org/wiki/Anstellwinkel)) erzeugt. Durch die Umlenkung wird der Luft ein senkrecht nach unten gerichteter Impuls übertragen. Nach dem ersten [Newtonschen Gesetz](https://de.wikipedia.org/wiki/Newtonsche_Gesetze) erfordert diese Richtungsänderung der Strömung nach unten eine stetig wirkende Kraft. Nach dem dritten Newtonschen Gesetz ([Actio und reactio](https://de.wikipedia.org/wiki/Actio_und_reactio)) wirkt dabei eine gleiche und entgegengesetzte Kraft, der Auftrieb, auf die Tragfläche.[[8]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-AndersonEberhardt2009_1-8)

Neben der starren Verbindung von Flügel und Flugzeugrumpf gibt es mit [Wandel-](https://de.wikipedia.org/wiki/Wandelflugzeug) und [Schwenkflügelflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwenkfl%C3%BCgel) auch einige Flugzeugtypen, bei denen die Flügel flexibel am Flugzeugrumpf fixiert sind. Damit können bei diesen Typen Einsatzanforderungen realisiert werden, die mit einer starren Tragfläche nicht möglich sind. Im weiteren Sinn benutzen das Starrflügelprinzip auch Luftfahrzeuge mit vollkommen flexiblen Tragflächen, wie [Gleit-](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleitschirm) und [Motorschirme](https://de.wikipedia.org/wiki/Motorschirm), sowie mit zerlegbaren Tragflächen wie bei [Hängegleitern](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%A4ngegleiter).

**Bodeneffektfahrzeuge**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=3) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=3)]

[Bodeneffektfahrzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Bodeneffektfahrzeug) fliegen mit Hilfe von Tragflächen knapp über der Erdoberfläche und ähneln damit tief fliegenden Flugzeugen. Sie sind jedoch in der Regel nicht in der Lage, über den Einflussbereich des Bodeneffektes hinaus zu steigen, und gelten daher – ähnlich wie [Luftkissenfahrzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftkissenfahrzeug) – nicht als Luftfahrzeuge.

**Drehflügler**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=4) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=4)]

Bei [Drehflüglern](https://de.wikipedia.org/wiki/Drehfl%C3%BCgler) (*Hubschrauber*, *Helikopter*) sind die Tragflächen in Form eines horizontalen [Rotors](https://de.wikipedia.org/wiki/Rotor) aufgebaut. Die Luftströmung über den Rotorblättern ergibt sich aus der Kombination der Drehbewegung des Rotors und der anströmenden Luft aus Eigenbewegung und Wind.

Einige Drehflügler, wie zum Beispiel die [Verbundhubschrauber](https://de.wikipedia.org/wiki/Verbundhubschrauber) oder [Kombinationsflugschrauber](https://de.wikipedia.org/wiki/Kombinationsflugschrauber), besitzen jedoch neben ihrem [Hauptrotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Hauptrotor) auch mehr oder weniger lange, feste Tragflächen, die für zusätzlichen Auftrieb sorgen.

Ein Zwischending zwischen Starrflügelflugzeugen und Drehflüglern sind die [Wandelflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Wandelflugzeug), die im Flug die Flugmodi (Flugzustände) wechseln können.

**Raketen**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=5) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=5)]

Anders als das Flugzeug fliegt die [Rakete](https://de.wikipedia.org/wiki/Rakete) mit einem [Raketentriebwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Raketentriebwerk) ([Rückstoßantrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/R%C3%BCcksto%C3%9Fantrieb)) durch Ausstoßen mitgeführter *Stützmasse* unabhängig von einer Luftströmung, auch wenn sie für Flugphasen in der [Atmosphäre](https://de.wikipedia.org/wiki/Erdatmosph%C3%A4re) aerodynamische Steuerflächen haben kann. Diese dienen aber nicht dem Auftrieb, sondern nur der Stabilisierung und Steuerung. Ein Sonderfall ist der [Raumgleiter](https://de.wikipedia.org/wiki/Raumgleiter), der meist mit einer [Trägerrakete](https://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A4gerrakete) startet und im [aerodynamischen Flug](https://de.wikipedia.org/wiki/Atmosph%C3%A4renflug) landet. Er kann als Flugzeug angesehen werden.

**Rotorflugzeuge**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=6) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=6)]

Ein [Rotorflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Rotorflugzeug) besitzt als Tragorgane [Flettner-Rotoren](https://de.wikipedia.org/wiki/Flettner-Rotor), die den [Magnus-Effekt](https://de.wikipedia.org/wiki/Magnus-Effekt) nutzen. Rotorflugzeuge sind selbst im Modellbau nur selten anzutreffen und haben bisher keine praktische Bedeutung. Sie dürfen nicht mit Drehflüglern verwechselt werden.

**Schwingenflugzeuge**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=7) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=7)]

Bei [Ornithoptern](https://de.wikipedia.org/wiki/Ornithopter), auch *Schwingenflugzeug* genannt, bewegen sich die Tragflächen wie Vogelflügel auf und ab, um Auftrieb und Vortrieb zu erzeugen. Sie werden daher teils auch *Flatterflügel* genannt. Besonders in der Frühzeit der [Luftfahrt](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrt) wurde versucht, Schwingenflugzeuge nach dem Vorbild der Natur zu bauen. Es ist nicht bekannt, dass personentragende Flugzeuge dieses Typs bisher geflogen sind, es gibt aber funktionsfähige, ferngesteuerte [Modell](https://de.wikipedia.org/wiki/Modellflugzeug)-Ornithopter und [Kleinstdrohnen](https://de.wikipedia.org/wiki/Unbemanntes_Luftfahrzeug), so z. B. das [DelFly](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=DelFly&action=edit&redlink=1) der TU [Delft](https://de.wikipedia.org/wiki/Delft).

Genereller Aufbau[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=8) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=8)]

Traditionell wird ein Flugzeug in drei Hauptgruppen (Konstruktionshauptgruppen) unterteilt: Flugwerk, Triebwerksanlage und Ausrüstung.

**Flugwerk**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=9) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=9)]

Das Flugwerk besteht aus dem Rumpfwerk, dem [Tragwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragwerk_(Flugzeug)), dem [Leitwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Leitwerk#Flugzeugbau), dem [Steuerwerk](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Steuerwerk_(Flugwerk)&action=edit&redlink=1) und dem [Fahrwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrwerk_(Flugzeug)) bei Landflugzeugen bzw. den [Auftriebskörpern](https://de.wikipedia.org/wiki/Schwimmk%C3%B6rper) (Schwimmern) bei [Wasserflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserflugzeug). Bei [Senkrechtstartern](https://de.wikipedia.org/wiki/Senkrechtstart_und_-landung) und Segelflugzeugen älterer Bauart kann anstelle von Fahrwerk oder Schwimmern ein Kufenlandegestell vorhanden sein. In vielen, meist älteren Veröffentlichungen wird statt Flugwerk der Begriff **Flugzeugzelle** oder einfach Zelle verwendet.[[9]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-9)

**Rumpfwerk**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=10) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=10)]

Der [Flugzeugrumpf](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeugrumpf) ist das zentrale Konstruktionselement der meisten Flugzeuge. An ihm ist das Tragwerk angebracht, er beherbergt neben den Piloten auch einen Großteil der Betriebsausrüstung. Bei einem Passagierflugzeug nimmt der Rumpf die Passagiere auf. Oft ist auch das Fahrwerk ganz oder teilweise am Rumpf. Die Triebwerke können in den Rumpf integriert werden. Bei [Flugbooten](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugboot) bildet der Rumpf den Haupt-Auftriebskörper.

Man unterscheidet verschiedene Rumpfformen. Heute sind runde Rumpfquerschnitte die Regel, wenn die Maschine eine [Druckkabine](https://de.wikipedia.org/wiki/Druckkabine) besitzt. Frachtmaschinen besitzen oft einen rechteckigen Rumpfquerschnitt, um das Beladevolumen zu optimieren. Die meisten Flugzeuge besitzen nur einen Rumpf, daneben gibt es auch Maschinen mit Doppelrumpf und [Nurflügelflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Nurfl%C3%BCgelflugzeug).

**Tragwerk**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=11) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=11)]

[Ein Bild, das Platane Flugzeug Hobel, Flugzeug, Flugreise, Verkehrsflugzeug enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Aircraft_wing_flaps_small_dsc06830.jpg)[Tragfläche](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%A4che) mit um wenige Grad ausgefahrenen [Landeklappen](https://de.wikipedia.org/wiki/Landeklappe)

→ *Hauptartikel:*[*Tragfläche*](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%A4che)

Das [Tragwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragwerk_(Flugzeug)) besteht neben einer oder mehreren Tragflächen als Hauptkomponente aus sämtlichen Auftrieb liefernden Komponenten.

**Leitwerk**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=12) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=12)]

Das [Leitwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Leitwerk#Flugzeugbau) besteht aus dem Höhenleitwerk mit den Höhenrudern und den zugehörigen Trimmrudern, dem Seitenleitwerk mit dem Seitenruder und dem Trimmruder dafür und den Querrudern. Zudem ist die Hauptaufgabe des Leitwerks, die gegebene Fluglage und Richtung zu stabilisieren, ferner die Steuerung um alle drei Achsen des Flugzeuges.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Leitwerk** | **Steuerelemente** | **Wirkung** | **Achsensystem** |
| [Höhenleitwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6henleitwerk) | Höhenflosse und Höhenruder | Drehung um die Querachse (Nicken) | Y-Achse |
| [Seitenleitwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Seitenleitwerk) | Seitenflosse und Seitenruder | Drehung um die Hochachse (Gieren) | Z-Achse |
| Flächenleitwerk | [Querruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Querruder) und [Störklappe](https://de.wikipedia.org/wiki/St%C3%B6rklappe) | Drehung um die Längsachse (Rollen) | X-Achse |

**Steuerwerk**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=13) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=13)]

Das [Steuerwerk](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Steuerwerk_(Flugwerk)&action=edit&redlink=1) oder die Steuerung besteht beim Starrflügelflugzeug aus dem [Steuerknüppel](https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerkn%C3%BCppel) oder der Steuersäule mit [Steuerhorn](https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerhorn) oder Handrad und den Seitensteuerpedalen, mit denen die Steuerbefehle gegeben werden. Für die Übertragung der Steuerkräfte bzw. -signale können Gestänge, Seilzüge, Hydraulik, elektrische ([Fly-by-wire](https://de.wikipedia.org/wiki/Fly-by-wire)) oder optische ([Fly-by-light](https://de.wikipedia.org/wiki/Fly-by-light)) Signale eingesetzt werden. Die Steuersäule wird bei einigen modernen Flugzeugen durch den [Sidestick](https://de.wikipedia.org/wiki/Sidestick) ersetzt.

**Fahrwerk**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=14) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=14)]

→ *Hauptartikel:*[*Fahrwerk*](https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrwerk_(Flugzeug))

Das Fahrwerk ermöglicht einem Flugzeug, sich am Boden zu bewegen, die erforderliche Abhebegeschwindigkeit zu erreichen, die Landestöße zu absorbieren und Stöße z. B. durch Bodenwellen zu dämpfen.

Fahrwerke werden eingeteilt in starre, halbstarre und Einziehfahrwerke. Ein starres Fahrwerk behält auch während des Fluges unverändert seine Position bei; das halbstarre Fahrwerk wird teilweise eingezogen (z. B. nur das Bugfahrwerk). Ein Einziehfahrwerk kann nach dem Start eingezogen und gegebenenfalls durch Fahrwerksklappen abgedeckt werden und muss vor der Landung wieder ausgefahren werden. Flugzeuge mit hoher Endgeschwindigkeit haben stets Einziehfahrwerke.

Fahrwerke können auch eingeteilt werden gemäß ihrer Anordnung. Weitverbreitete Fahrwerksform ist das „Bugradfahrwerk“, bei dem ein oder mehrere kleine Räder am Flugzeugvorderteil angebracht sind und das Hauptfahrwerk hinter dem Flugzeugschwerpunkt liegt. Dies ermöglicht während des Rollens am Boden gute Sicht für den Piloten im Vergleich zum ehemals weit verbreitete Heck- oder [Spornfahrwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Spornfahrwerk) mit einem kleinen Rad oder einem Schleifsporn am Heck; es kommt heute nur noch selten zum Einsatz. Eine Besonderheit ist das Tandemfahrwerk, bei dem die Fahrwerksteile vorne und hinten am Rumpf gleich groß sind und sich die Hauptlast teilen, das Flugzeug wird seitwärts durch Stützräder am Tragwerk stabilisiert.

**Triebwerk**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=15) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=15)]

→ *Hauptartikel:*[*Luftfahrtantriebe*](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrtantriebe)

[Ein Bild, das Platane Flugzeug Hobel, Flugzeug, Luftfahrttechnik, Flugreise enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:B747_turbofan_dsc04626.jpg)Turbofan-Triebwerk einer [Boeing 747](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_747)

Die Triebwerksanlage eines Flugzeuges umfasst einen oder mehrere Motoren (i. Allg. von gleicher Bauart) mit Zubehör. Die häufigsten Bauweisen sind: [Hubkolbenmotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Hubkolbenmotor) ([Flugmotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugmotor)) mit [Propeller](https://de.wikipedia.org/wiki/Propeller), [Gasturbine](https://de.wikipedia.org/wiki/Gasturbine) (Wellenleistungstriebwerk) mit Propeller ([Turboprop](https://de.wikipedia.org/wiki/Turboprop)) sowie das [Turbinen-Strahltriebwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Turbinen-Strahltriebwerk), meist in [Turbofan](https://de.wikipedia.org/wiki/Turbofan)-Bauweise. Selten/experimentell sind [Staustrahltriebwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Staustrahltriebwerk), [Raketentriebwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Raketentriebwerk) oder [Elektromotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Elektromotor).

Zum Zubehör gehören das [Kraftstoffsystem](https://de.wikipedia.org/wiki/Kraftstoffsystem) und -leitungen, ggf. eine [Schmieranlage](https://de.wikipedia.org/wiki/Schmieranlage), die [Motorkühlung](https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BChlung_(Verbrennungsmotor)), Triebwerksträger und Triebwerksverkleidung.

Außerhalb der Kampffliegerei sind die Strahltriebwerke aus Wartungsgründen mittlerweile nicht mehr in Flügel oder Rumpf integriert, eine Ausnahme bildet die [Nimrod MRA4](https://de.wikipedia.org/wiki/BAe_Nimrod).

Als Treibstoff wird meist [Kerosin](https://de.wikipedia.org/wiki/Kerosin), [AvGas](https://de.wikipedia.org/wiki/AvGas), [MoGas](https://de.wikipedia.org/wiki/MoGas) oder [Ethanol](https://de.wikipedia.org/wiki/Ethanol) verwendet.

**Betriebsausrüstung**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=16) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=16)]

[Ein Bild, das Flugzeugarmatur, Transport, Cockpit, Maschine enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Dornier_Do_228_LGW_D-ILKA_Cockpit.jpg)Betriebsausrüstung: Cockpit einer [Dornier 228](https://de.wikipedia.org/wiki/Dornier_228)

Die Betriebsausrüstung eines Flugzeuges umfasst alle bordseitigen Komponenten eines Flugzeuges, die nicht zu Flugwerk und Triebwerk gehören und die zur sicheren Durchführung eines Fluges erforderlich sind. Sie besteht aus den Komponenten zur Überwachung von [Fluglage](https://de.wikipedia.org/wiki/Fluglage), Flug- und Triebwerkszustand, zur [Navigation](https://de.wikipedia.org/wiki/Navigation), zur [Kommunikation](https://de.wikipedia.org/wiki/Kommunikation), aus Versorgungssystemen, Warnsystemen, Sicherheitsausrüstung und gegebenenfalls Sonderausrüstung. Der elektronische Teil der Betriebsausrüstung wird auch [Avionik](https://de.wikipedia.org/wiki/Avionik) genannt.

Viele Fachautoren zählen inzwischen das Steuerwerk oder die Steuerung nicht mehr zum Flugwerk, sondern zur Betriebsausrüstung, da bei modernen Flugzeugen die Steuerung von den Sensoren der Betriebsausrüstung und von Bordrechnern wesentlich beeinflusst wird.

Bauweisen[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=17) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=17)]

Werkstoffe für Flugzeuge sollten eine möglichst große [Festigkeit](https://de.wikipedia.org/wiki/Festigkeit) (s. a. [Spezifische Festigkeit](https://de.wikipedia.org/wiki/Spezifische_Festigkeit)) gegenüber [statischen und dynamischen Beanspruchungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Belastung_(Physik)) besitzen, damit das Gewicht des Flugzeuges möglichst klein gehalten werden kann. Grundsätzlich eignen sich insbesondere [Stähle](https://de.wikipedia.org/wiki/Stahl), [Leichtmetalllegierungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Leichtmetalllegierung), [Holz](https://de.wikipedia.org/wiki/Holz), [Gewebe](https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstofffaser#Weiterverarbeitung) und [Kunststoffe](https://de.wikipedia.org/wiki/Kunststoff) für den Flugzeugbau. Während Holz bis zu mittleren Größen sinnvoll angewendet worden ist, wird heute im Flugzeugbau allgemein die Ganzmetall- und Gemischtbauweise bevorzugt,[[10]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-10) bei der verschiedene Materialien so kombiniert werden, dass sich ihre jeweiligen Vorteile optimal ergänzen.

Strukturen an Flugzeugen lassen sich durch verschiedene Konstruktions- und Bauweisen realisieren. Häufige Konstruktionsweisen sind [Fachwerke](https://de.wikipedia.org/wiki/Fachwerk), [Schalen-](https://de.wikipedia.org/wiki/Monocoque) und [Halbschalenkonstruktionen](https://de.wikipedia.org/wiki/Halbschalenbauweise); die Bauweisen werden in Holzbauweise, Gemischtbauweise, Metallbauweise und [FVK-Bauweise](https://de.wikipedia.org/wiki/Faserverbundkunststoff) unterschieden.

**Holzbauweise**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=18) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=18)]

[Ein Bild, das Gebäude, Holz, Balken, Planke enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Fisher_FP-202_Koala_D-MKOA_fuselage.jpg)Innenansicht des in Holzbauweise gefertigten Fachwerk-Rumpfes einer [Fisher FP-202](https://de.wikipedia.org/wiki/Fisher_FP-202)

Bei der **Holzbauweise** wird für den Rumpf ein Gerüst aus hölzernen *Längsgurten* und [*Spanten*](https://de.wikipedia.org/wiki/Spanten) geleimt, das anschließend mit dünnem Sperrholz beplankt wird. Die Tragfläche besteht aus einem oder zwei [Holmen](https://de.wikipedia.org/wiki/Holm_(Fl%C3%BCgel)), an die im rechten Winkel vorne und hinten die sog. *Rippen* angeleimt sind. Die Rippen geben dem Flügel die richtige Form. Vor dem Holm ist der Flügel mit dünnen Sperrholz beplankt, diese Beplankung wird *Torsionsnase* genannt. Sie verhindert, dass sich der Flügel beim Flug parallel zum Holm verdreht. Hinter dem Holm ist der Flügel mit einem Stoff aus Baumwolle oder speziellem Kunststoff bespannt. Dieser Stoff wird auf dem Holm oder der Torsionsnase und an der Endleiste, die die Rippen an der Flügelhinterkante verbindet, festgeklebt und mit Spannlack bestrichen. Spannlack zieht sich beim Trocknen zusammen und sorgt so dafür, dass die Bespannung straff ist. Bei Motorflugzeugen muss der Stoff zusätzlich noch an den Rippen festgenäht werden. Modernere Bespannstoffe aus Kunststoff ziehen sich beim Erwärmen zusammen, sie werden zum Spannen gebügelt. In die oberen Spannlackschichten wird bei Motorflugzeugen Aluminiumpulver als UV-Schutz eingemischt. Beispiele für solche Flugzeuge sind z. B. die [Schleicher Ka 2](https://de.wikipedia.org/wiki/Schleicher_Ka_2) oder die [Messerschmitt M17](https://de.wikipedia.org/wiki/Messerschmitt_M17). Die reine Holzbauweise ist inzwischen veraltet.

[Ein Bild, das Im Haus, Maschine, Boden, Platane Flugzeug Hobel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:CLASS_R-80_Bush_Caddy_under_construction_01.JPG)Halbschalenkonstruktion in Metallbauweise: Rohbau einer [Bushcaddy R-80](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Bushcaddy_R-80&action=edit&redlink=1)

**Metallbauweise**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=19) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=19)]

Die **Metallbauweise** ist bei Motorflugzeugen die gängigste Bauweise. Der Rumpf besteht aus einem verschweißten oder vernieteten Metallgerüst, das außen mit Blech beplankt ist. Die Tragflächen bestehen aus einem, bei großen Flugzeugen auch mehreren, Holmen, an die die Rippen angenietet oder angeschraubt sind. Die Beplankung besteht wie beim Rumpf aus dünnem Blech. Eines der bekanntesten Motorflugzeuge in Metallbauweise ist die [Cessna 172](https://de.wikipedia.org/wiki/Cessna_172), aber es gibt auch Segelflugzeuge aus Metall, wie den [LET L-13 Blaník](https://de.wikipedia.org/wiki/Let_L-13).

**Gemischtbauweise**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=20) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=20)]

[Ein Bild, das Im Haus, Gebäude, Kunst, Wand enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Fuselage_Piper_PA18.JPG)Der Rumpf einer [Piper PA-18](https://de.wikipedia.org/wiki/Piper_PA-18) (Gemischtbauweise: Metallfachwerk und Bespannung) hier ohne Bespannung während einer Grundüberholung

Die **Gemischtbauweise** ist eine Mischung aus Holz- und Metallbauweise. Üblicherweise besteht hierbei der Rumpf aus einem geschweißten Metallgerüst, das mit Stoff bespannt ist, während die Flügel wie in der Holzbauweise gebaut sind. Es gibt allerdings auch Flugzeuge, deren Tragflächen ebenfalls aus einem bespannten Metallgerüst bestehen. Der Grundaufbau aus Holmen und Rippen unterscheidet sich aber nur durch die verwendeten Materialien von der Holzbauweise. Die [Schleicher K 8](https://de.wikipedia.org/wiki/Schleicher_K_8) ist ein Flugzeug mit einem Rumpf aus Metallgerüst und hölzernen Tragflächen, bei der [Piper PA-18](https://de.wikipedia.org/wiki/Piper_PA-18) bestehen die Tragflächen aus einem Aluminiumgerüst.

[Ein Bild, das Text, Kunst, Entwurf, Kinderkunst enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:FVK_repair.JPG)Ein [Querruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Querruder) einer Schleicher ASK 21. Das FVK ist angeschliffen, die einzelnen Glasfaser-Gewebelagen sind gut erkennbar.

**Kunststoffbauweise**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=21) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=21)]

Die Metallbauweise wird seit einigen Jahren zunehmend durch die **Faser-Verbund-Kunststoff-Bauweise** (kurz: FVK-Bauweise) verdrängt. Das Flugzeug besteht aus Matten, meistens Gewebe aus Glas-, Aramid- oder Kohlenstofffasern, die in Formen gelegt, mit Kunstharz getränkt und anschließend durch Erhitzen ausgehärtet werden. An den Stellen des Flugzeuges, die viel Energie aufnehmen müssen, wird zusätzlich ein Stützstoff, entweder Hartschaumstoff oder eine Wabenstruktur eingeklebt. Auch hier wird nicht auf Spanten im Rumpf und Holme in den Tragflächen verzichtet. Die FVK-Bauweise wurde zuerst im Segelflug angewendet, das erste Flugzeug dieser Bauweise war die [FS 24](https://de.wikipedia.org/wiki/Fs_24_Ph%C3%B6nix), der Prototyp wurde 1953 bis 1957 von der [Akaflieg Stuttgart](https://de.wikipedia.org/wiki/Akaflieg#Akaflieg_Stuttgart) gebaut. Inzwischen gehen aber auch Hersteller von Motorflugzeugen auf die FVK-Bauweise über, z. B. [Diamond Aircraft](https://de.wikipedia.org/wiki/Diamond_Aircraft) oder [Cirrus Design Corporation](https://de.wikipedia.org/wiki/Cirrus_Aircraft). Beispiele für die FVK-Bauweise sind der [Schempp-Hirth Ventus](https://de.wikipedia.org/wiki/Schempp-Hirth_Ventus) oder die [Diamond DA 40](https://de.wikipedia.org/wiki/Diamond_DA_40). Vor allem im Großflugzeugbau werden zurzeit auch Kombinationen aus Metallbauweise und FVK-Bauweise hergestellt. Ein populäres Beispiel ist der [Airbus A380](https://de.wikipedia.org/wiki/Airbus_A380).

Wartung und Lebensdauer[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=22) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=22)]

**Wartung**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=23) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=23)]

→ *Hauptartikel:*[*Luftfahrzeug-Instandhaltung*](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrzeug-Instandhaltung)

Flugzeuge unterliegen während ihrer gesamten Lebensdauer verpflichtenden Wartungsanforderungen durch zertifizierte Betriebe. Diese sind in A-, B-, C- und D-Check eingeteilt, letzterer erfolgt nach ca. sechs bis zehn Jahren oder mehreren 10.000 Flugstunden. Dabei wird das gesamte Flugzeug generalüberholt. Die Wartungsintervalle der Turbinen liegen bei 20.000 Flugstunden.

**Lebensdauer**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=24) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=24)]

Flugzeuge unterliegen, im Gegensatz zu bestimmten Einzelkomponenten wie [Fahrwerken](https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrwerk_(Flugzeug)), grundsätzlich keiner maximalen Betriebsdauer. Verkehrsflugzeughersteller setzen bei der Konstruktion für ihre Maschinen nur eine Zielgröße für die Lebensdauer fest, bei [Boeing](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing) *Minimum Design Service Objective*, bei [Airbus](https://de.wikipedia.org/wiki/Airbus) *Design Service Goal* (DSG) genannt. Diese Zielgrößen orientieren sich an der typischen Nutzung innerhalb von 20 Jahren. Die meisten Typen sind auf etwa 50.000–60.000 Flugstunden konstruiert; die Zahl der möglichen Flüge schwankt zwischen 20.000 bei Langstreckenmaschinen, z. B. [Boeing 747](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_747), und 75.000 bei Kurzstreckenmaschinen, z. B. [Boeing 737](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_737).[[11]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Aero_07-11) Diese Mindestzielgrößen werden insbesondere hinsichtlich des Alters und der Flugstunden in großer Zahl überschritten.[[11]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Aero_07-11) Airbus bietet, noch bevor die erste Maschine die Grenze des DSG erreicht, eine erweiterte Grenze *Enhanced Service Goal* (ESG) in Verbindung mit bestimmten Wartungsanforderungen an.[[12]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-airbus.com-12) Seit dem Jahr 1988 stieg durch den Vorfall bei [Aloha-Airlines-Flug 243](https://de.wikipedia.org/wiki/Aloha-Airlines-Flug_243) das Thema ausgedehnte Rissbildung (*Widespread Fatigue Damage*, WFD) bei älteren Flugzeugen in der Aufmerksamkeit von Behörden und Herstellern. Die [Federal Aviation Administration](https://de.wikipedia.org/wiki/Federal_Aviation_Administration) verlangt bei Flugzeugen mit einem Höchstabfluggewicht von 75.000 [Pfund](https://de.wikipedia.org/wiki/Pfund) (34 t) seit dem Jahr 2011 mit Beginn ab 2013–2017 (je nach Alter des Flugzeugtyps) von den Herstellern die Angabe von *Limits of Validity* (LOV, Grenzen der Gültigkeit), bei deren Überschreitung die Flugzeuge nicht weiter betrieben werden dürfen. Diese Obergrenzen liegen deutlich oberhalb der Mindestzielgrößen mit 30.000–110.000 Flügen oder 65.000–160.000 Flugstunden[[12]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-airbus.com-12)[[13]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Aero_2012Q4-13)[[14]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-14) Boeing schätzt, dass bei Inkrafttreten für die ältesten Flugzeuge im Juli 2013 nur 25 Boeing-Maschinen weltweit oberhalb der neuen LOV liegen.[[13]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Aero_2012Q4-13) Militärflugzeuge werden für eine Einsatzzeit von ca. 15 Jahren konzipiert, jedoch nur für 5.000–8.000 Flugstunden.

Auf dem Rollfeld legt eine Verkehrsmaschine im Mittel 5 km pro Flug zurück. Daraus ergibt sich innerhalb der Lebensdauer eine Kilometerleistung am Boden von mehr als 250.000 km.

Grundlagen: Auftrieb und Vortrieb[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=25) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=25)]

**Auftrieb**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=26) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=26)]

[Ein Bild, das Entwurf, Flugzeug, Drohne, Design enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Kraeftegleichgewicht-Flugzeug.png)Kräfte am Flugzeug

→ *Hauptartikel:*[*Dynamischer Auftrieb*](https://de.wikipedia.org/wiki/Dynamischer_Auftrieb)

Die Größe der [dynamischen Auftriebskraft](https://de.wikipedia.org/wiki/Dynamischer_Auftrieb) an einer Tragfläche (mit ihrem gegebenen [Profil](https://de.wikipedia.org/wiki/Profil_(Str%C3%B6mungslehre))) wird von den Größen [Anstellwinkel](https://de.wikipedia.org/wiki/Anstellwinkel) (dem Winkel zwischen der anströmenden Luft und der [Flügelebene](https://de.wikipedia.org/wiki/Profilsehne)), der Profilform, der Tragflächengröße, der Dichte der Luft und ihrer Strömungsgeschwindigkeit bestimmt. Durch Erhöhung des Anstellwinkels bei konstanter Fluggeschwindigkeit steigt der Auftrieb proportional; dies trifft bei der Besonderheit des [Überschallfluges](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%9Cberschallflug) nicht zu. Bei [Lifting-Body](https://de.wikipedia.org/wiki/Lifting_Body)-Flugzeugen ist der Rumpf aerodynamisch so geformt, dass er einen großen Anteil des Auftriebs liefert.

Im Geradeausflug ist die Auftriebskraft gleich der Gewichtskraft ([Gleichgewicht](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleichgewicht_(Systemtheorie))); bei [Flugmanövern](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugman%C3%B6ver) wie Start und Steigflug ist sie größer, beim Sinkflug geringer als die Gewichtskraft.

**Zusammenhang zwischen Auftrieb, Vortrieb und Luftwiderstand**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=27) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=27)]

Um sich vorwärts zu bewegen, muss das Luftfahrzeug [Vortrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Vortrieb_(Physik)) erzeugen, um den Widerstand zu überwinden, der die freie Vorwärtsbewegung hemmt. Der Luftwiderstand eines Luftfahrzeuges ist abhängig

* vom Formwiderstand, auch *parasitärer Widerstand* genannt, bedingt durch die Reibung der Luft am Körper des Luftfahrzeuges,
* vom Auftrieb. Der vom Auftrieb �� abhängige, „induzierte“ Teil des Luftwiderstands wird *induzierter Widerstand* genannt.

Während sich die *parasitäre Widerstandsleistung* mit zunehmender Fluggeschwindigkeit in dritter Potenz der Geschwindigkeit vergrößert, verringert sich die *induzierte Widerstandsleistung* umgekehrt proportional. Der resultierende Gesamtwiderstand führt während des Fluges zu einem Energieverlust, der durch Energiezufuhr (Treibstoff, Sonnen- oder Windenergie) ausgeglichen werden muss, um den Flug fortzusetzen. Ist die zugeführte Energie größer als der Verlust durch den Gesamtwiderstand, wird das Luftfahrzeug beschleunigt. Diese Beschleunigung kann auch in Höhengewinn umgesetzt werden ([Energieerhaltungssatz](https://de.wikipedia.org/wiki/Energieerhaltungssatz)).

Maßgeblich für die aerodynamische Qualität eines Luftfahrzeugs ist sowohl ein günstiger [Strömungswiderstandsbeiwert](https://de.wikipedia.org/wiki/Str%C3%B6mungswiderstandsbeiwert) (��-Wert) als auch das Verhältnis vom Widerstandsbeiwert �� zum Auftriebsbeiwert ��, die [Gleitzahl](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleitzahl) �.

Den Zusammenhang zwischen dem Widerstandsbeiwert und dem Auftriebsbeiwert eines bestimmten Flügelprofils und damit dessen aerodynamische Charakteristik nennt man die [Profilpolare](https://de.wikipedia.org/wiki/Polardiagramm_(Str%C3%B6mungslehre)), dargestellt im Polardiagramm nach [Otto Lilienthal](https://de.wikipedia.org/wiki/Otto_Lilienthal).

Daraus ergibt sich die Auftriebsformel

��=��⋅�⋅�

sowie die Widerstandsformel

��=��⋅�⋅�,

wobei �� und �� für die Beiwerte von Auftrieb und Widerstand, � für [Staudruck](https://de.wikipedia.org/wiki/Staudruck) (abhängig von Geschwindigkeit und Luftdichte) und � für die [Bezugsfläche](https://de.wikipedia.org/wiki/Bezugsfl%C3%A4che) steht.

**Fluggeschwindigkeit und Flugenveloppe**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=28) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=28)]

→ *Hauptartikel:*[*Fluggeschwindigkeit*](https://de.wikipedia.org/wiki/Fluggeschwindigkeit)

Man kann zwischen folgenden Ausdrücken für Geschwindigkeiten unterscheiden:[[15]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-15)

* Angezeigte Geschwindigkeit (engl. *indicated air speed*, IAS)
* Kalibrierte Geschwindigkeit (engl. *calibrated air speed*, CAS), ist die um den Instrumentenfehler korrigierte IAS.
* Äquivalenzgeschwindigkeit (engl. *equivalent air speed*, EAS), ist die um die Kompressibilität korrigierte CAS.
* Wahre Geschwindigkeit (engl. *true air speed*, TAS), ist die um die Luftdichte in größerer Flughöhe korrigierte EAS.
* Geschwindigkeit über Grund (engl. *ground speed*, GS), ist die um den Wind korrigierte TAS.
* [Mach-Zahl](https://de.wikipedia.org/wiki/Mach-Zahl) (engl. *mach number*, MN), ist eine EAS, ausgedrückt durch ein Vielfaches der Schallgeschwindigkeit.

Der Flugzeugführer bekommt über seinen [Fahrtmesser](https://de.wikipedia.org/wiki/Fahrtmesser) die Geschwindigkeit gegenüber der umgebenden Luft angezeigt. Diese wird aus statischem und dynamischem Druck am [Staurohr](https://de.wikipedia.org/wiki/Pitotrohr) des Fahrtmessers ermittelt. Diese angezeigte Geschwindigkeit (*indicated air speed*, abgekürzt IAS) ist von der Luftdichte und somit der Flughöhe abhängig. Die IAS ist maßgeblich für den [dynamischen Auftrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Dynamischer_Auftrieb). Sie hat daher die größte Bedeutung für die Piloten. In modernen [Cockpits](https://de.wikipedia.org/wiki/Cockpit) wird die IAS rechnerisch um den Instrumentenfehler korrigiert und als CAS angezeigt.

Der mögliche Geschwindigkeitsbereich eines Flugzeugs in Abhängigkeit von der Flughöhe wird durch die [Flugenveloppe](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugenveloppe) dargestellt. Die untere Grenze wird dabei von der Überziehgeschwindigkeit, die obere Grenze vom Erreichen der Festigkeitsgrenzen dargestellt. Bei Flugzeugen, die bedingt durch die hohe Leistung ihres Antriebs den Bereich der Schallgeschwindigkeit erreichen können, die aber nicht für Überschallflüge konstruiert sind, liegt sie in einem gewissen Abstand unterhalb der Schallgeschwindigkeit.

Wie schnell ein Flugzeug bezogen auf die Schallgeschwindigkeit fliegt, wird durch die [Mach-Zahl](https://de.wikipedia.org/wiki/Mach-Zahl) dargestellt. Benannt nach dem österreichischen Physiker und Philosophen [Ernst Mach](https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Mach), wird die Mach-Zahl 1 der Schallgeschwindigkeit gleichgesetzt. Moderne Verkehrsflugzeuge mit Strahltriebwerk sind i. A. optimiert für Geschwindigkeiten (IAS) von Mach 0,74 bis 0,90.

Damit die Tragfläche ausreichend Auftrieb erzeugt, wird mindestens die *Minimalgeschwindigkeit* benötigt. Sie wird auch als *Überziehgeschwindigkeit* bezeichnet, weil bei ihrem Unterschreiten ein [Strömungsabriss](https://de.wikipedia.org/wiki/Str%C3%B6mungsabriss) (engl. *stall*) erfolgt und der Widerstand stark ansteigt, während der Auftrieb zusammenbricht. Die Überziehgeschwindigkeit verringert sich, wenn Hoch[auftriebshilfen](https://de.wikipedia.org/wiki/Auftriebshilfe) (wie [Landeklappen](https://de.wikipedia.org/wiki/Landeklappe)) ausgefahren sind.

Beim Drehflügler ist die Fluggeschwindigkeit durch die [Aerodynamik](https://de.wikipedia.org/wiki/Aerodynamik) der [Rotorblätter](https://de.wikipedia.org/wiki/Hauptrotor) begrenzt: Einerseits können die Blattspitzen den Überschallbereich erreichen, andererseits kann es beim Rücklauf zum Strömungsabriss kommen.

Die bezogen auf die Masse des Drehflüglers zu installierende Antriebsleistung steigt außerdem überproportional zur möglichen Maximalgeschwindigkeit.

Flugzeuge starten und landen vorteilhafterweise gegen den Wind. Dadurch wird die zum Auftrieb beitragende angezeigte Geschwindigkeit größer als die Geschwindigkeit über Grund, mit der Folge, dass wesentlich kürzere Start- und Landestrecken gebraucht werden als bei Rückenwind.

**Arten des Vortriebs**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=29) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=29)]

→ *Hauptartikel:*[*Luftfahrtantrieb*](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrtantrieb)

Zur Erzeugung des Vortriebs gibt es verschiedene Möglichkeiten, je nachdem, ob und welche Mittel mit welchem Krafterzeugungs- und -übertragungsprinzip eingesetzt werden sollen:

**ohne Eigenantrieb**  
Bei [Segelflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Segelflugzeug), [Hängegleitern](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%A4ngegleiter) und [Gleitschirmen](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleitschirm) ist der Vortrieb auch ohne Eigenantrieb gewährleistet, da vorhandene Höhe verlustarm in Geschwindigkeit umgewandelt werden kann. Der Höhengewinn selbst erfolgt durch [Windenschlepp](https://de.wikipedia.org/wiki/Windenschlepp), [Schleppflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Schleppflugzeug) oder [Aufwinde](https://de.wikipedia.org/wiki/Aufwind) (z. B. Thermik oder Hang- und Wellenaufwinde), oder durch erhöhte Startposition.

**Propeller in Verbindung mit Muskelkraft**

[Ein Bild, das Gelände, draußen, Transport, Flugzeug enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Zaschka_Human-Power_Aircraft_(1934).jpg)Das [Zaschka Muskelkraft-Flugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Zaschka_Muskelkraft-Flugzeug) konnte 1934 in Berlin-Tempelhof ohne fremde Starthilfe Schwebeflüge von 20 Meter Länge erreichen.[Ein Bild, das Transport, Flugzeug, draußen, Himmel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gossamer_Albatross_II_cabin.jpg)Der [Gossamer Albatross](https://de.wikipedia.org/wiki/Gossamer_Albatross) ist ein von Muskelkraft angetriebenes Flugzeug. Mit ihm wurde 1979 der [Ärmelkanal](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%84rmelkanal) überquert.

Eine extreme Form des Propellerantriebs stellen [Muskelkraft-Flugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Muskelkraft-Flugzeug) (HPA) dar: Ein Muskelkraftflugzeug wird nur mit Hilfe der Muskelkraft des Piloten angetrieben, unter Ausnutzung der Gleiteigenschaften der Flugzeugkonstruktion, die verständlicherweise extrem leicht sein muss.

**Propeller in Verbindung mit einem Elektromotor**  
Ein Propeller kann auch durch einen [Elektromotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Elektromotor) angetrieben werden. Diese Antriebsart wird vor allem bei [Solarflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Solarflugzeug) und bei [Modellflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Modellflugzeug) verwendet, mittlerweile auch bei [Ultraleichtflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Ultraleichtflugzeug).

**Propeller in Verbindung mit Kolbenmotoren**  
Propeller in Verbindung mit [Kolbenmotoren](https://de.wikipedia.org/wiki/Kolbenmotor) waren bis zur Entwicklung der Gasturbine die übliche Antriebsart. Als praktische Leistungsgrenze für Flugmotoren dieser Art wurden 4.000 PS (ca. 2.900 kW) angesehen, als erreichbare Geschwindigkeit 750 km/h. Heute ist diese Antriebsart für kleinere ein- bis zweimotorige Flugzeuge üblich. Auf Grund der besonderen Anforderungen an die Sicherheit der Motoren werden spezielle [Flugmotoren](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugmotor) verwendet.

**Turboprop**  
[Propellerturbinentriebwerke](https://de.wikipedia.org/wiki/Turboprop) – kurz Turboprop – werden für Kurz- und [Regionalverkehrsflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Regionalverkehrsflugzeug), militärische Transportflugzeuge, Seeüberwachungsflugzeuge und ein- oder zweimotorige Geschäftsreiseflugzeuge im Unterschallbereich verwendet. Weiterentwicklungen für die zukünftige Verwendung in Verkehrsflugzeugen und militärischen Transportflugzeugen sind „Unducted Propfan“, auch „Unducted Fan“ (UDF) genannt und „Shrouded Propfan“ (z. B. MTU CRISP).

**Turbinenstrahltriebwerk**  
[Turbinen-Strahltriebwerke](https://de.wikipedia.org/wiki/Turbinen-Strahltriebwerk) werden für moderne schnelle Flugzeuge bis nahe zur Schallgeschwindigkeit (bis zum Transschallgeschwindigkeitsbereich oder dem [transsonischen](https://de.wikipedia.org/wiki/Transsonische_Str%C3%B6mung) Geschwindigkeitsbereich) oder auch für Geschwindigkeiten im Transschall- und Überschallbereich eingesetzt. Für Flüge im Bereich der [Überschallgeschwindigkeit](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%9Cberschallgeschwindigkeit) besitzen Turbostrahltriebwerke zur Leistungserhöhung oft eine [Nachverbrennung](https://de.wikipedia.org/wiki/Nachbrenner).

**Staustrahltriebwerk**  
[Staustrahltriebwerke](https://de.wikipedia.org/wiki/Staustrahltriebwerk) erreichen [Hyperschallgeschwindigkeiten](https://de.wikipedia.org/wiki/Hyperschallgeschwindigkeit) und besitzen nur wenige bewegte Teile. Sie funktionieren jedoch i. A. erst bei hohen Geschwindigkeiten und müssen erst anderweitig auf diese beschleunigt werden. Eine Kombination aus Turbostrahltriebwerk mit Nachverbrennung und Staustrahltriebwerk wird Turbostaustrahltriebwerk oder Turboramjet genannt.

**Pulsstrahltriebwerk**  
Historisch war das [Pulsstrahltriebwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Pulsstrahltriebwerk) der Vorgänger des Raketentriebwerks, damals für [Marschflugkörper](https://de.wikipedia.org/wiki/Marschflugk%C3%B6rper). Aufgrund weniger bewegter Teile und einfacher Funktionsweise ist es leicht zu bauen; extrem hoher Verschleiß ermöglicht nur Betriebsdauern von (maximal) wenigen Stunden. Wegen des sehr lauten Betriebsgeräusches sind Pulsstrahltriebwerke in einigen Ländern verboten.

**Raketentriebwerke**  
[Raketentriebwerke](https://de.wikipedia.org/wiki/Raketentriebwerk) werden bisher nur bei Experimentalflugzeugen verwendet.

**Booster**  
Um den Vortrieb und besonders den Auftrieb beim Start von STOL-Flugzeugen zu erhöhen, wurden zeitweise auch Booster in Form von Strahltriebwerken (Beispiel: Varianten der [Fairchild C-123](https://de.wikipedia.org/wiki/Fairchild_C-123)) oder auch Feststoff- oder Dampfraketen (siehe auch [Booster (Raketenantrieb)](https://de.wikipedia.org/wiki/Booster_(Raketenantrieb))) eingesetzt.

**Wandelflugzeug**

→ *Hauptartikel:*[*Wandelflugzeug*](https://de.wikipedia.org/wiki/Wandelflugzeug)

Wandelflugzeuge, auch als *Verwandlungsflugzeuge* oder *Verwandlungshubschrauber* bezeichnet, nutzen beim Senkrechtstart die Konfiguration eines Hubschraubers. Beim Übergang zum Vorwärtsflug werden sie zum Starrflügler umkonfiguriert. Sie kombinieren so Vorteile von Drehflügler und Starrflügler. Die Wandlung erfolgt meist durch Kippen des Rotors, der dann als Zugtriebwerk arbeitet – [Kipprotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Kipprotor) oder *Tiltrotor* genannt (z. B. [Bell-Boeing V-22](https://de.wikipedia.org/wiki/Bell-Boeing_V-22)). Zu den Wandelflugzeugen gehören auch [*Kippflügel*](https://de.wikipedia.org/wiki/Kippfl%C3%BCgel_(Flugzeug))*-, Schwenkrotor-, Einziehrotor- und Stopprotorflugzeuge*. Die meisten nicht durch Strahltriebwerke angetriebenen [Senkrechtstarter](https://de.wikipedia.org/wiki/Senkrechtstarter) ([VTOL](https://de.wikipedia.org/wiki/VTOL)-Flugzeuge) gehören zu den Wandelflugzeugen.

Flugsteuerung[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=30) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=30)]

[Ein Bild, das Zeichnung, Entwurf enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:ControlSurfaces.gif)Klassische aerodynamische Flugsteuerung mit den Steuerflächen [Querruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Querruder) (A), [Höhenruder](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6henruder) (C) und [Seitenruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Seitenruder) (D) sowie den Bedienorganen [Steuerknüppel](https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerkn%C3%BCppel) (B) und [Seitenruderpedal](https://de.wikipedia.org/wiki/Seitenruder)

Die Flugsteuerung, engl. **Flight Control System** (FCS), umfasst das gesamte System zur Steuerung von Flugzeugen um alle drei Raumachsen. Neben der am häufigsten im Flugzeugbau eingesetzten [aerodynamischen](https://de.wikipedia.org/wiki/Aerodynamik) Flugsteuerung mit [Steuerflächen](https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerfl%C3%A4che) werden auch [Gewichtssteuerungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Gewichtssteuerung) und [Schubvektorsteuerungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Schubvektorsteuerung) verwendet. Zur Flugsteuerung gehören die Steuerelemente – z. B. Steuerflächen, bewegliche Massen, Steuerdüsen –, die Bedienorgane (z. B. [Steuerknüppel](https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerkn%C3%BCppel) und [Seitenruderpedal](https://de.wikipedia.org/wiki/Seitenruder)) im [Cockpit](https://de.wikipedia.org/wiki/Cockpit) und die Übertragungselemente für die Steuereingaben von den Bedienorganen zu den Steuerelementen.[[16]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-Haase2009-16)[[17]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-17)

**Achsen**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=31) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=31)]

[Ein Bild, das Transport, Flugzeug, Flugreise, Flügel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Achsen-cessna2.svg)Achsen eines Flugzeugs

Zur Beschreibung der Steuerung werden Achsen benannt: [Querachse](https://de.wikipedia.org/wiki/Querachse) (Nicken, [englisch](https://de.wikipedia.org/wiki/Englische_Sprache) *pitch*), [Längsachse](https://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4ngsachse) (Rollen, [englisch](https://de.wikipedia.org/wiki/Englische_Sprache) *roll*), und [Hochachse](https://de.wikipedia.org/wiki/Gierachse) (Gieren, [englisch](https://de.wikipedia.org/wiki/Englische_Sprache) *yaw*). Jeder Achse ist bei einem 3-Achs-gesteuerten Flugzeug mit aerodynamischer Flugsteuerung eine oder mehrere Steuerflächen zugeordnet. Eine 2-Achs-Steuerung verzichtet z. B. auf Querruder oder Seitenruder, die fehlende Komponente wird durch die [Eigenstabilität](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleichgewicht_(Systemtheorie)#stabil) ersetzt. *Siehe auch:* [Roll-Pitch-Yaw-Winkel](https://de.wikipedia.org/wiki/Roll-Pitch-Yaw-Winkel)

**Steuerelemente**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=32) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=32)]

Die Steuerelemente der verschiedenen Steuerungssysteme sind

* bei der [aerodynamischen](https://de.wikipedia.org/wiki/Aerodynamik) Flugsteuerung Ruder, Klappen, verwindbare Tragflügel und/oder Leitwerke, adaptive Profile die einen Teil der Anströmung zur [Steuerung umlenken](https://de.wikipedia.org/wiki/Dynamischer_Auftrieb);
* bei der [Gewichtssteuerung](https://de.wikipedia.org/wiki/Gewichtssteuerung) bewegliche Massen, z. B. der Körper des Piloten der relativ zum Flugzeug verlagert wird;
* bei der [Schubvektorsteuerung](https://de.wikipedia.org/wiki/Schubvektorsteuerung) der Abgasstrahl eines Antriebs, der zur Steuerung gezielt gerichtet wird.

Beim [Senkrechtstarter](https://de.wikipedia.org/wiki/Senkrechtstart_und_-landung) kommen als weitere Steuerungsmöglichkeiten insbesondere im Schwebe- und Transitionsflug das Kippen bzw. Schwenken von Rotoren oder Strahltriebwerken hinzu.

[Ein Bild, das Entwurf, Zeichnung, Werkzeug, Design enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Flugzeug-ruder3.png)Ruder als Steuerflächen

Die Steuerung eines Flugzeuges sei am Beispiel der aerodynamischen Steuerung über Ruder dargestellt:

* Die [Querruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Querruder) am hinteren Ende der Tragflächen steuern – immer zugleich und entgegengesetzt – die Querlage des Flugzeugs, also die Drehung um die Längsachse, das *Rollen*.
* Die [Höhenruder](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6henruder) am hinteren Ende des Flugzeugs regulieren die Längsneigung, auch *Nicken* oder *Kippen* genannt, indem der Anstellwinkel verändert wird.
* Das [Seitenruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Seitenruder) – beim konventionellen Starrflügelflugzeug am hinteren Ende des Flugzeugs – dient der Seitensteuerung, auch *Wenden* oder *Gieren* genannt.
* [Trimmruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Trimmruder) am Höhenruder dienen der Höhentrimmung. Größere Flugzeuge haben auch Trimmruder für Quer- und Seitenruder.
* [Störklappen](https://de.wikipedia.org/wiki/St%C3%B6rklappe) ([englisch](https://de.wikipedia.org/wiki/Englische_Sprache) *spoiler*) dienen der Begrenzung der Geschwindigkeit im Sinkflug und der Verminderung des Auftriebs.

Das Flugzeug kann simultan um eine oder mehrere dieser Achsen drehen.

Das Höhenruder ist in der Regel hinten am Flugzeugrumpf angebracht, ebenso das Seitenruder, diese Kombination wird als Heckleitwerk bezeichnet. Abweichend davon kann die Höhensteuerung auch vorne platziert sein (Canard).

Höhen- und Seitenruder können auch kombiniert werden wie beim [V-Leitwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/V-Leitwerk).

Die Funktion der Querruder kann durch gegenläufigen Ausschlag der Höhenruder ersetzt werden.

Alle Arten von Trimmrudern dienen der Stabilisierung der Flugzeuglage und erleichtern dem Piloten die Flugsteuerung. Bei modernen Flugzeugen übernimmt der [Autopilot](https://de.wikipedia.org/wiki/Autopilot) die Kontrolle der Trimmruder.

Die Hochauftriebshilfen werden beim Starten, im Steigflug und zum [Landeanflug](https://de.wikipedia.org/wiki/Landeanflug) benutzt. An der Hinterkante der Flügel befinden sich die Hinterkantenauftriebshilfen oder Endklappen (flaps), die im Gegensatz zu den Rudern immer synchron an beiden Tragflügeln verwendet werden. Größere Flugzeuge und STOL-Flugzeuge haben meist auch noch Nasenauftriebshilfen in Form von [Vorflügeln](https://de.wikipedia.org/wiki/Vorfl%C3%BCgel) (Slats), [Krügerklappen](https://de.wikipedia.org/wiki/Kr%C3%BCgerklappe) oder Nasenklappen (Kippnasen), die analog zu den an der hinteren Tragflächenkante gelegenen Landeklappen an der vorderen Tragflächenkante ausfahren. Durch die Klappen kann die Wölbung des Tragflügelprofils so verändert werden, dass die Abrissgeschwindigkeit gesenkt wird und auch beim langsamen Landeanflug oder im Steigflug der Auftrieb erhalten bleibt.

Für die Begrenzung der Geschwindigkeit im Sinkflug werden auf den Tragflächen angebrachte sogenannten Brems-/Störklappen, „Spoiler“ genannt, verwendet. Im ausgefahrenen Zustand vermindern sie den Auftrieb an den Tragflächen ([Strömungsablösung](https://de.wikipedia.org/wiki/Str%C3%B6mungsabl%C3%B6sung)). Durch den verringerten Auftrieb ist ein steilerer Landeanflug möglich. Spoiler werden auch zur Unterstützung der – in bestimmten Flugbereichen auch als Ersatz für – Querruder verwendet. Nach der Landung werden die Spoiler voll ausgefahren, so dass kein (positiver) Auftrieb mehr wirken kann. Dies geschieht meist durch einen Automatismus, der unter anderem durch das Einfedern des Hauptfahrwerks bei der Landung eingeleitet wird.

Es gibt auch Steuerflächen mit mehrfachen Funktionen:

* [Flaperons](https://de.wikipedia.org/wiki/Flaperon): arbeiten sowohl als Klappen als auch als Querruder
* [Spoilerons](https://de.wikipedia.org/wiki/Spoileron): arbeiten sowohl als Spoiler als auch als Querruder
* [Elevons](https://de.wikipedia.org/wiki/Elevon): arbeiten sowohl als Höhenruder als auch als Querruder, insbesondere beim [Nurflügel](https://de.wikipedia.org/wiki/Nurfl%C3%BCgel)-Flugzeug

Neben der konventionellen Anordnung der Steuerflächen existieren, wie vorher angedeutet, auch Sonderformen:

* Das [Canard](https://de.wikipedia.org/wiki/Canard) („Entenflugzeug“) hat das Höhenruder vorne, beispielsweise [Gyroflug SC01 Speed-Canard](https://de.wikipedia.org/wiki/Gyroflug_SC01_Speed-Canard)
* Der [Nurflügel](https://de.wikipedia.org/wiki/Nurfl%C3%BCgel) hat kein separates Höhenruder, beispielsweise der Bomber [Northrop B-2](https://de.wikipedia.org/wiki/Northrop_B-2)
* Die [Boxwing](https://de.wikipedia.org/wiki/Boxwing)-Tragfläche verwendet ein kombiniertes Höhen-/Querruder, Seitenruder existieren in Form von Störklappen an den äußeren Flächenenden.

**Bedienorgane**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=33) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=33)]

Bedienorgane sind diejenigen Hebel und Pedale, die im Cockpit vom [Piloten](https://de.wikipedia.org/wiki/Pilot) betätigt werden können und zur Steuerung des Flugzeugs dienen.

**Steuerknüppel, Steuerhorn oder Sidestick**  
[Steuerknüppel](https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerkn%C3%BCppel), [Steuerhorn](https://de.wikipedia.org/wiki/Steuerhorn) oder [Sidestick](https://de.wikipedia.org/wiki/Sidestick) dienen zur Steuerung der Querlage und der Längsneigung und steuern das Querruder und das Höhenruder.

Der Steuerknüppel eines Flugzeugs dient zum gleichzeitigen Steuern von Querneigung und Längsneigung. Er befindet sich vor dem Unterbauch des Piloten und wird normalerweise mit einer Hand gehalten.

Das Steuerhorn ist eine andere Einheit zur Steuerung von Flugzeugen um die Längs- und Querachse. Angeordnet ist es im Cockpit zentral vor dem Piloten und verfügt über Haltegriffe für beide Hände. Dabei werden die Kräfte, die während des Fluges auf das Flugzeug wirken, in Form von Widerstand und Ausschlag auf die Steuereinheit übertragen.

Ein Sidestick ist ein Steuerknüppel, der nicht zentral vor dem Piloten, sondern seitlich angeordnet ist und nur mit einer Hand bedient wird.

**Seitenruderpedale**  
Die Pedale zur Seitensteuerung betätigen das [Seitenruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Seitenruder) und in der Regel am Boden auch die [Bremsen](https://de.wikipedia.org/wiki/Bremse). Bei Segelflugzeugen wird die Radbremse (wenn vorhanden) meist durch Ziehen des Bremsklappenhebels betätigt.

**Trimmung**  
Zur dauerhaften Trimmung dienen

* ein Trimmrad oder ein Trimmhebel zum Ausgleich von Kopf- oder Schwanzlastigkeit (Höhentrimmung),
* eine Trimmeinheit zum Ausgleich seitlicher Kräfteunterschiede, z. B. bei mehrmotorigen Flugzeugen zur Kompensation eines Motorausfalls (Seitentrimmung).

**Übertragungselemente**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=34) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=34)]

Die Übertragung der Steuereingaben kann erfolgen

* mechanisch durch Stangen oder Seile,
* hydromechanisch durch [Hydraulikleitungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Hydraulik),
* elektrisch durch [*Fly-by-Wire*](https://de.wikipedia.org/wiki/Fly-by-Wire) oder,
* fiberoptisch durch Lichtleiter ([*Fly-by-Light*](https://de.wikipedia.org/wiki/Fly-by-Light)).

**Instrumente zum Erkennen der Lage im Raum**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=35) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=35)]

Seine Lage im Raum erkennt der Flugzeugführer entweder durch Beobachtung der Einzelheiten des überflogenen Gebiets und des Horizonts oder durch Anzeigeinstrumente ([Flugnavigation](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugnavigation)). Bei schlechter Sicht dient der [künstliche Horizont](https://de.wikipedia.org/wiki/K%C3%BCnstlicher_Horizont) der Anzeige der [Fluglage](https://de.wikipedia.org/wiki/Fluglage) in Bezug auf die Nickachse, also den Anstellwinkel des Flugzeugrumpfes, und bezüglich der Rollachse, der sogenannten Querlage (Banklage). Die [Himmelsrichtung](https://de.wikipedia.org/wiki/Himmelsrichtung), in die das Flugzeug fliegt, zeigen der magnetische [Kompass](https://de.wikipedia.org/wiki/Kompass) und der [Kurskreisel](https://de.wikipedia.org/wiki/Kurskreisel). Magnetischer Kompass und Kurskreisel ergänzen sich gegenseitig, da der Magnetkompass bei Sink-, Steig- und Kurvenflügen zu Dreh- und Beschleunigungsfehlern neigt, der Kurskreisel jedoch nicht. Der Kurskreisel hat jedoch keine eigene „nordsuchende“ Eigenschaft und muss mindestens vor dem Start (in der Praxis auch in regelmäßigen Abständen beim Geradeausflug) mit dem Magnetkompass kalibriert werden. Der [Wendezeiger](https://de.wikipedia.org/wiki/Wendezeiger) dient zur Anzeige der Drehrichtung und zur Messung der Drehgeschwindigkeit des Flugzeugs um die Hochachse (engl. rate of turn). Er enthält meistens eine [Kugellibelle](https://de.wikipedia.org/wiki/Wendezeiger#Kugellibelle), die anzeigt, wie koordiniert eine Kurve geflogen wird.

Für die Höhensteuerung sind mindestens zwei Instrumente wichtig: Die [Flughöhe](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugh%C3%B6he) wird über den [barometrischen](https://de.wikipedia.org/wiki/Barometrische_H%C3%B6henmessung) [Höhenmesser](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6henmesser) dargestellt; die relative Änderung der Höhe, die sogenannte Steigrate bzw. Sinkrate, ausgedrückt als Höhenunterschied pro Zeitspanne, bekommt der Flugzeugführer über das [Variometer](https://de.wikipedia.org/wiki/Variometer) signalisiert. Zusätzlich wird bei größeren Flugzeugen im Landeanflug die absolute Höhe über Grund über den [Radarhöhenmesser](https://de.wikipedia.org/wiki/Funkh%C3%B6henmesser) angezeigt.

Weitere Klassifizierungen[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=36) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=36)]

Neben der naheliegenden Klassifizierung nach der Bauweise oder der Antriebsart haben sich weitere Klassifizierungen etabliert.

**Klassifizierung nach Verwendungszweck**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=37) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=37)]

**Zivilflugzeuge**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=38) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=38)]

Zivilflugzeuge dienen der [zivilen Luftfahrt](https://de.wikipedia.org/wiki/Zivile_Luftfahrt), dazu gehört die [allgemeine Luftfahrt](https://de.wikipedia.org/wiki/Allgemeine_Luftfahrt) und der [Linien-](https://de.wikipedia.org/wiki/Linienflug) und [Charterverkehr](https://de.wikipedia.org/wiki/Charterflug) durch die [Fluggesellschaften](https://de.wikipedia.org/wiki/Fluggesellschaft) (Airlines). Zivilflugzeuge werden hauptsächlich nach folgendem Schema klassifiziert:

Die ersten Flugzeuge waren [Experimentalflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Experimentalflugzeug). Experimentalflugzeuge, auch Versuchsflugzeuge genannt, dienen dem Erforschen von Techniken oder dem Testen von Forschungserkenntnissen im Bereich der Luftfahrt.

Sehr früh in der Geschichte des Flugzeugs entstanden auch die [Sportflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Sportflugzeug). Ein Sportflugzeug ist ein [Leichtflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Leichtflugzeug) zur Ausübung einer sportlichen Tätigkeit, entweder zur Erholung oder bei einem sportlichen Wettkampf.

Noch vor dem Ersten Weltkrieg kam es zur Erprobung und zum Bau des Passagierflugzeugs. Passagierflugzeuge dienen dem zivilen Personentransport und werden auch als [Verkehrsflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Verkehrsflugzeug) bezeichnet. Kleinere Passagierflugzeuge werden auch als [Zubringerflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Zubringerflugzeug) bezeichnet. Speziell für Geschäftsreisende entworfene kleine Passagierflugzeuge sind die [Geschäftsreiseflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Gesch%C3%A4ftsreiseflugzeug), für die auch der [engl.](https://de.wikipedia.org/wiki/Englische_Sprache) Ausdruck *Bizjet* verwendet wird.

Ein [Frachtflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Frachtflugzeug) ist ein Flugzeug zum Transport von (kommerzieller) Fracht. [Flugzeugsitze](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeugsitz) sind daher nur für die Mannschaft eingebaut, meist enthalten sie heute ein Transportsystem für [Paletten](https://de.wikipedia.org/wiki/Transportpalette) und Flugzeugcontainer.

Eine Unterkategorie des Frachtflugzeugs ist das [Postflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugpost). Frühe Postflugzeuge konnten auch dem Transport einzelner Personen dienen.

Für den Bereich der Land- und Forstwirtschaft werden spezielle Flugzeuge verwendet, die [Dünger](https://de.wikipedia.org/wiki/D%C3%BCnger), bodenverbessernde Stoffe und [Pflanzenschutzmittel](https://de.wikipedia.org/wiki/Pflanzenschutzmittel) in Behältern mitführen können und über Sprühdüsen, Streuteller oder ähnliche Einrichtungen verbreiten können. Sie werden allgemein als [Agrarflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Agrarflugzeug) bezeichnet.

[Feuerlöschflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Feuerl%C3%B6schflugzeug), auch „Wasserbomber“ genannt, sind Flugzeuge, die Wasser und Löschadditive in ein- oder angebauten Tanks mitführen und über [Schadfeuern](https://de.wikipedia.org/wiki/Schadfeuer) abwerfen können.

Es gibt unter dem Begriff [Rettungsflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Rettungsflugzeug) (amtlich „Luftrettungsmittel“ genannt) verschiedene unterschiedliche Kategorien wie [Rettungshubschrauber](https://de.wikipedia.org/wiki/Rettungshubschrauber), [Intensivtransporthubschrauber](https://de.wikipedia.org/wiki/Intensivtransporthubschrauber), [Notarzteinsatzhubschrauber](https://de.wikipedia.org/wiki/Notarzteinsatzhubschrauber) oder Flugzeuge zur Rückholung von Patienten aus dem Ausland. Unter den Überbegriff [Search and Rescue](https://de.wikipedia.org/wiki/Search_and_Rescue) (SAR) fallen Flugzeuge, die zum Suchen und Retten von Unfallopfern verwendet werden.

Es gibt zahlreiche Sonderbauformen wie z. B. [Forschungsflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Forschungsflugzeug) mit spezieller Ausrüstung (spezielles [Radar](https://de.wikipedia.org/wiki/Radar), Fotokameras, sonstige Sensoren).

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:North_American_X-15.jpg)

Experimental­flugzeug

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Skymaxx.jpg)

Sportflugzeug: Ultraleichtflugzeug Sky-Arrow

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:US_Immigration_and_Customs_Enforcement_aircraft.jpg)

Passagierflugzeug – Geschäftsreise­flugzeug Pilatus PC-12

* [Frachtflugzeug Airbus A300-600ST Beluga](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Airbus_beluga_beladung.jpg)

Frachtflugzeug Airbus A300-600ST Beluga

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:PBY_Catalina_airtanker.jpg)

Feuerlösch­flugzeug

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:King_Air_200_air_ambulance.JPG)

Sanitätsflugzeug: Inneres eines Ambulanz­flugzeugs

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:SOFIA_with_open_telescope_doors.jpg)

Fliegendes Observatorium ([SOFIA](https://de.wikipedia.org/wiki/Stratosph%C3%A4ren-Observatorium_f%C3%BCr_Infrarot-Astronomie))

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Airbus_A330neo_F-WTTN_39.jpg)

Modernes Passagierflugzeug

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Leipzig_Halle_Airport_European_Air_Transport_Leipzig_DHL_Airbus_A330-243F_D-ALMA_(DSC04687).jpg)

Postflugzeug

**Militärflugzeuge**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=39) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=39)]

[Militärflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Milit%C3%A4rflugzeug) sind Flugzeuge, die der militärischen Nutzung unterliegen. Ganz sauber ist die Grenze jedoch nicht immer zu ziehen. Viele Flugzeuge erfahren sowohl militärische als auch zivile Verwendung. Militärflugzeuge werden nach folgenden Verwendungszwecken unterschieden:

Ein [Jagdflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Jagdflugzeug) ist ein in erster Linie zur Bekämpfung anderer Flugzeuge eingesetztes Militärflugzeug. Heute spricht man eher vom [Kampfflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Kampfflugzeug), da die Flugzeuge dieser Kategorie keiner eindeutigen Aufgabe zugeordnet werden können. Sie werden für den [Luftkampf](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftkampf), die [militärische Aufklärung](https://de.wikipedia.org/wiki/Nachrichtengewinnung_und_Aufkl%C3%A4rung), die [taktische Bodenbekämpfung](https://de.wikipedia.org/wiki/Taktischer_Luftkrieg) und/oder andere Aufgaben genutzt.

Ein [Bomber](https://de.wikipedia.org/wiki/Bomber) ist ein militärisches Flugzeug, das dazu dient, Bodenziele mit Fliegerbomben, Luft-Boden-Raketen und Marschflugkörpern anzugreifen.

Ein [Verbindungsflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Verbindungsflugzeug) ist ein kleines Militärflugzeug, mit dem in der Regel [Kommandeure](https://de.wikipedia.org/wiki/Kommandeur) transportiert werden. Es kann außerdem der Gefechtsfeldaufklärung dienen (heute nur noch bei Truppenübungen), als kleineres Ambulanzflugzeug dienen oder für Botendienste eingesetzt werden. Heute werden als Verbindungsflugzeug meistens leichte Hubschrauber eingesetzt.

[Luftbetankung](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftbetankung) bezeichnet die Übergabe von Treibstoff von einem Flugzeug zu einem anderen während des Fluges. Üblicherweise ist das Flugzeug, das den Treibstoff zur Verfügung stellt, ein speziell für diese Aufgabe entwickeltes Tankflugzeug.

Ein [Aufklärungsflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Aufkl%C3%A4rungsflugzeug) ist ein Militärflugzeug, das für die Aufgabe konstruiert, umgebaut oder ausgerüstet ist, Informationen für die militärische Aufklärung zu beschaffen. Manchmal werden Aufklärungsflugzeuge auch als Spionageflugzeuge bezeichnet.

Ein [Schlachtflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Schlachtflugzeug), auch Erdkampfflugzeug genannt, ist ein militärischer Flugzeugtyp, der besonders für die Bekämpfung von Bodenzielen vorgesehen ist. Dieser Typus stellt eine eigene Flugzeugart dar, die ganz spezifische taktische Aufgaben erfüllen soll. Da die Angriffe in niedrigen bis mittleren Flughöhen stattfinden und mit starkem Abwehrfeuer zu rechnen ist, werden besondere Schutzmaßnahmen ergriffen, wie Panzerung der Kabine und Triebwerke gegen Bodenfeuer. Transportflugzeuge, die mit seitlich ausgerichteten Maschinenwaffen oder gar Rohrartillerie ausgerüstet sind, nennen sich [Gunship](https://de.wikipedia.org/wiki/Gunship). Drehflügelflugzeuge in der Rolle von Erdkampfflugzeugen werden als [Kampfhubschrauber](https://de.wikipedia.org/wiki/Kampfhubschrauber) bezeichnet.

Ein [Trainer](https://de.wikipedia.org/wiki/Schulflugzeug) ist ein Flugzeug, das zur Ausbildung von Piloten benutzt wird.

[Transportflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Transportflugzeug) sind besondere Frachtflugzeuge, die für den militärischen Lastentransport entwickelt werden. Sie müssen robust, zuverlässig, variabel für den Personen-, Material- oder Frachttransport geeignet sowie schnell ein- und ausladbar sein. Transportiert werden können, auch in Kombination, zum Beispiel Hilfsgüter, Fallschirmspringer, Fahrzeuge, Panzer, Truppen oder Ausrüstung.

Die Klassifikation ist in der Praxis nicht immer streng zwischen zivil und militärisch zu trennen, denn manche Zweckbestimmung kann unabhängig vom Einsatz gegeben sein. Beispielsweise können Fracht- bzw. Transportflugzeuge je nach Fracht, Sanitätsflugzeuge je nach Arzt/Patient und Trainer je nach Lehrer/Schüler sowohl im Zivil- als auch im Militärbereich vorkommen.

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Mikoyan_mig29.jpg)

Jagdflugzeug: Mikojan-Gurewitsch MiG-29

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Boeing_B-52_dropping_bombs.jpg)

Bomber: Boeing B-52

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Alouette_ag1.JPG)

Verbindungs„flugzeug“: [Alouette III](https://de.wikipedia.org/wiki/A%C3%A9rospatiale_SA-319) der Schweizer Armee

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Usaf.f15.f16.kc135.750pix.jpg)

Tankflugzeug: KC-135R *Stratotanker* während einer Luftbetankung

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:PC7.JPG)

Trainer: Pilatus PC-7 der schweizerischen Luftwaffe

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:C-160_Transall.jpg)

Transportflugzeug: Transall C-160D

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Lockheed_SR-71_Blackbird.jpg)

Aufklärungsflugzeug: Lockheed SR-71B Blackbird

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:AH-64_dsc04577.jpg)

Kampfhubschrauber: AH-64 Apache Longbow

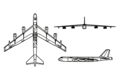
**Klassifizierung nach Struktur des Flugzeugs**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=40) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=40)]

Flugzeuge, die starre Tragflügel besitzen, werden häufig auch nach der Anzahl und Lage der Tragflügel zum Rumpf kategorisiert.

Ein [Eindecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Eindecker) ist ein Flugzeug mit einer einzigen Tragfläche bzw. einem Paar Tragflügeln. Eindecker werden wiederum unterteilt in

* [Tiefdecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Tiefdecker), bei denen die Unterseite der Tragfläche mit der Unterseite des Rumpfes abschließt;
* [Mitteldecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Mitteldecker), bei denen die Tragfläche in der Mitte der Rumpfseiten angeordnet ist;
* [Schulterdecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Schulterdecker), bei denen die Tragflächen auf oder in der Oberseite des Rumpfes angeordnet sind;
* [Hochdecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Hochdecker_(Flugzeug)), bei denen die Tragfläche über der Oberseite des Rumpfes verstrebt angeordnet sind.
* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:McDonnell_Douglas_F-A-18_Hornet_3-view_line_drawing.png)

[Mitteldecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Mitteldecker)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Boeing_B-52_Stratofortress_3-view_line_drawing.png)

[Schulterdecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Schulterdecker)

[Doppeldecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Doppeldecker_(Flugzeug)) ist die Bezeichnung für ein Flugzeug, das zwei vertikal gestaffelt angeordnete Tragflächen besitzt. Eine Sonderform des Doppeldeckers ist der „Anderthalbdecker“. Um die Zeit des Ersten Weltkriegs gab es auch [Dreidecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Dreidecker).

[Doppelrumpfflugzeuge](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Doppelrumpfflugzeug&action=edit&redlink=1) besitzen zwei Rümpfe, sie sind gewissermaßen die [Katamarane](https://de.wikipedia.org/wiki/Katamaran) unter den Flugzeugen. Jeder Rumpf besitzt hierbei in der Regel ein eigenes Cockpit. Damit nicht zu verwechseln sind Flugzeuge mit einem doppelten Leitwerksträger, die jedoch nur einen Rumpf aufweisen, der meistens als Rumpfgondel ausgebildet ist.

Asymmetrische Flugzeuge sind ein sehr seltener Flugzeugtyp, das bekannteste Exemplar ist die [Blohm & Voss BV 141](https://de.wikipedia.org/wiki/Blohm_%26_Voss_BV_141) von 1938. Hier ist die [Flugzeugkanzel](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeugkanzel) auf der Tragfläche, während der Propeller und Motor den Rumpf alleine besetzen. Die Tragflächen sind asymmetrisch ausgebildet.

Als [Canard](https://de.wikipedia.org/wiki/Canard) oder Entenflugzeug wird ein Flugzeug bezeichnet, bei dem das Höhenleitwerk nicht konventionell am hinteren Ende des Flugzeugs montiert ist, sondern vor der Tragfläche an der Flugzeugnase; das Flugbild erinnert an eine fliegende Ente. Sind im Extremfall beide Tragflächen annähernd gleich groß, wird diese Auslegung auch als [Tandemflügel](https://de.wikipedia.org/wiki/Tandemfl%C3%BCgel) bezeichnet.

Ein [Nurflügel](https://de.wikipedia.org/wiki/Nurfl%C3%BCgel) ist ein Flugzeug ohne ein separates Höhenruder, bei dem es keine Differenzierung zwischen Tragflächen und Rumpf gibt. Bildet der Rumpf selbst den Auftriebskörper und hat dieser nicht mehr die typischen Dimensionen eines Tragflügels, wird er als [Lifting Body](https://de.wikipedia.org/wiki/Lifting_Body) bezeichnet. Die Vereinigung dieser beiden Konzepte nennt man [Blended Wing Body](https://de.wikipedia.org/wiki/Blended_Wing_Body).

* [Doppeldecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pitts-S1S-in-flight.jpg)

[Doppeldecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Doppeldecker_(Flugzeug))

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:P-38_2.jpg)

Flugzeug mit [Doppelleitwerksträger](https://de.wikipedia.org/wiki/Doppelleitwerkstr%C3%A4ger)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:P-82_Twin_Mustang.jpg)

[Doppelrumpfflugzeug](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Doppelrumpfflugzeug&action=edit&redlink=1) [F-82](https://de.wikipedia.org/wiki/North_American_F-82) mit je einem Cockpit in jedem Rumpf

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Blohm_und_Voss_Bv141_rear.jpg)

Asymmetrisches Flugzeug: Blohm & Voss BV 141

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Gyroflug_SC01_Speed-Canard_Niederrhein_vr.jpg)

Canard: Gyroflug SC01

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:XB-35.jpg)

Nurflügel: Northrop B-35

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:3_lifting_bodys.jpg)

[Lifting-Body-Flugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragrumpf)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Fokkerdri.jpg)

[Dreidecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Dreidecker)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Sunny_Myx.jpg)

[Boxwing](https://de.wikipedia.org/wiki/Boxwing)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Albessard_Triavion_in_flight_L%27A%C3%A9ronautique_March,1928.jpg)

[Tandemflügel](https://de.wikipedia.org/wiki/Tandemfl%C3%BCgel)-Flugzeug ([Albessard Triviation](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Albessard_Triviation&action=edit&redlink=1), 1928)

Ein [Wasserflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserflugzeug) ist ein Flugzeug, das für Start und Landung auf Wasserflächen konstruiert ist. Es hat meist unter jeder der beiden Tragflächen einen leichten, bootartigen Schwimmer. Bei [Flugbooten](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugboot) ist der gesamte Rumpf schwimmfähig. Wasserflugzeuge und Flugboote können nur vom Wasser aus starten oder im Wasser landen. Sind diese Flugzeuge mit (meist einziehbaren) Fahrwerken versehen, mit denen sie auch vom Land aus starten und auf dem Land landen können, werden sie [Amphibienflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Amphibienflugzeug) genannt.

* [Wasserflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Wasserflugzeug_01_KMJ.jpg)

Wasserflugzeug

* [Flugboot](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Martin_model_130_China_Clipper_class_passenger-carrying_flying.jpg)

Flugboot

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Canadair_CL-215s_Alberta_Government.jpg)

Amphibienflugzeug

**Klassifizierung nach Start- und Landeeigenschaften**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=41) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=41)]

Starrflügelflugzeuge und einige Typen der Drehflügler benötigen eine mehr oder weniger präparierte Start- und Landebahn einer gewissen Länge. Die Ansprüche reichen von einem ebenen Rasen ohne Hindernisse bis zur asphaltierten oder betonierten Piste.

Flugzeuge, die mit besonders kurzen Start- und Landebahnen auskommen, werden als Kurzstartflugzeug oder [STOL](https://de.wikipedia.org/wiki/STOL)-Flugzeuge typisiert.

Flugzeuge, die senkrecht starten und landen können, sind [Senkrechtstarter](https://de.wikipedia.org/wiki/Senkrechtstarter) oder [VTOL](https://de.wikipedia.org/wiki/VTOL)-Flugzeuge. Sie benötigen gar keine Start- und Landebahn, sondern nur einen festen Untergrund ausreichender Größe, der ihr Gewicht tragen kann, und auf dem der [Abwind](https://de.wikipedia.org/wiki/Abwind) (engl. downwash), der durch das VTOL-Flugzeug erzeugt wird, nicht allzu viel Schaden anrichtet, z. B. ein [Helipad](https://de.wikipedia.org/wiki/Hubschrauberlandeplatz).

VTOL-Flugzeuge, die auf dem Boden senkrecht nach oben stehend starten und landen, sind [Heckstarter](https://de.wikipedia.org/wiki/Heckstarter).

* [STOL-Flugzeug Dornier Do 27](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Do-27.JPG)

STOL-Flugzeug [Dornier Do 27](https://de.wikipedia.org/wiki/Dornier_Do_27)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:X-22a_onground_bw.jpg)

Senkrechtstarter [X-22a](https://de.wikipedia.org/wiki/Bell_X-22)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Lockheed_XFV-1_on_ground_bw.jpg)

Heckstarter [Lockheed XFV-1](https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_XFV-1)

**Unbemannte Flugzeuge**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=42) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=42)]

[Ein Bild, das Platane Flugzeug Hobel, Transport, Flugzeug, Luftfahrt enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:LUNA_UAV.jpg)Aufklärungsdrohne [Luna](https://de.wikipedia.org/wiki/EMT_Luna) der Bundeswehr

Im zivilen Bereich sind unbemannte Flugzeuge meistens als [Modellflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Modellflugzeug) gebräuchlich und werden über [Funkfernsteuerungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Funkfernsteuerung) gesteuert, selten über Programmsteuerungen.

Unbemannte Flugzeuge im militärischen oder staatlichen Einsatz werden [Drohnen](https://de.wikipedia.org/wiki/Unbemanntes_Luftfahrzeug) genannt. Das Spektrum reicht hier von Modellflugzeugen zur Zieldarstellung für [Flugabwehrkanonen](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugabwehrkanone) über unbemannte Aufklärungsflugzeuge bis hin zu unbemannten bewaffneten [Kampfflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Kampfflugzeug) (Kampfdrohnen). Im staatlichen Bereich werden Drohnen von [Polizei](https://de.wikipedia.org/wiki/Polizei) und Zoll zur Tätersuche und Verfolgung eingesetzt, häufig mit Video- und Wärmebildkameras, für die bisher bemannte [Polizeihubschrauber](https://de.wikipedia.org/wiki/Polizeihubschrauber) eingesetzt werden. Die Steuerung erfolgt dabei ebenfalls über Funkfern- oder Programmsteuerung.

Während Drohnen in der Regel wiederverwendbar sind, werden unbemannte Flugzeuge mit fest eingebauten Sprengköpfen als [Marschflugkörper](https://de.wikipedia.org/wiki/Marschflugk%C3%B6rper) bezeichnet.

Geschichte[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=43) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=43)]

→ *Hauptartikel:*[*Geschichte der Luftfahrt*](https://de.wikipedia.org/wiki/Geschichte_der_Luftfahrt)*,*[*Chronologie der Luftfahrt*](https://de.wikipedia.org/wiki/Chronologie_der_Luftfahrt)*und*[*Liste der meistgebauten Flugzeuge*](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_meistgebauten_Flugzeuge)

**Die Flugpioniere**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=44) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=44)]

1810 bis 1811 konstruierte [Albrecht Ludwig Berblinger](https://de.wikipedia.org/wiki/Albrecht_Ludwig_Berblinger), der berühmte *Schneider von Ulm*, seinen ersten flugfähigen Gleiter, führte ihn jedoch der Öffentlichkeit über der [Donau](https://de.wikipedia.org/wiki/Donau) unter ungünstigen Windverhältnissen vor und stürzte unter dem Spott der Zuschauer in den Fluss.

Der englische Gelehrte Sir [George Cayley](https://de.wikipedia.org/wiki/George_Cayley) (1773 bis 1857) untersuchte und beschrieb als Erster in grundlegender Weise die Probleme des aerodynamischen Flugs. Er löste sich vom Schwingenflug und veröffentlichte 1809 bis 1810 einen Vorschlag für ein Fluggerät „mit [angestellter](https://de.wikipedia.org/wiki/Anstellwinkel) Fläche und einem Vortriebsmechanismus“. Er beschrieb damit als Erster das Prinzip des modernen Starrflügelflugzeugs. Im Jahr 1849 baute er einen bemannten [Dreidecker](https://de.wikipedia.org/wiki/Dreidecker), der eine kurze Strecke flog.

Der Russe [Alexander Moschaiski](https://de.wikipedia.org/wiki/Alexander_Moschaiski) baute ein Flugzeug mit einem [Dampfmaschinenantrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Dampfmaschine), mit dem er zwischen 1882 und 1886 mehrere Flugversuche unternahm. Das Flugzeug konnte vom Boden abheben, verlor jedoch in der Folge an Geschwindigkeit und sackte ab. Seine verbesserte Version, die mit mehr Leistung ausgestattet war, wäre nach der Schlussfolgerung des russischen Luftfahrtforschungsinstituts [ZAGI](https://de.wikipedia.org/wiki/Zentrales_Aerohydrodynamisches_Institut) (getestet 1982) flugfähig. Zu dem Flug ist es jedoch durch den Tod des Konstrukteurs nicht mehr gekommen.

**Otto Lilienthal und Clement Ader**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=45) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=45)]

[Ein Bild, das Schmetterling, Kunst, Origami enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Lilienthalgleiter_modelle.jpg)Gleitermodelle, wie sie Otto Lilienthal flog

Der Flugpionier [Otto Lilienthal](https://de.wikipedia.org/wiki/Otto_Lilienthal) (1848–1896) entwickelte nach ausführlichen theoretischen und praktischen Vorarbeiten [Gleitflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleitflugzeug) und führte seit 1891 ([Derwitzer Apparat](https://de.wikipedia.org/wiki/Derwitzer_Apparat)) mit ihnen erfolgreiche [Gleitflüge](https://de.wikipedia.org/wiki/Gleitflug) nach dem Prinzip „schwerer als Luft“ durch. Er ist deutlich über 1.000-mal gesegelt. Die erzielten maximalen Flugweiten lagen bei 250 Metern ([Normalsegelapparat](https://de.wikipedia.org/wiki/Normalsegelapparat)). Die aerodynamische Formgebung seiner Tragflügel erprobte er auf seinem „Rundlaufapparat“, der von der Funktion her ein Vorgänger der modernen [Windkanäle](https://de.wikipedia.org/wiki/Windkanal) war.

[Clement Ader](https://de.wikipedia.org/wiki/Clement_Ader) hat mit seiner Eole den ersten (ungesteuerten) motorisierten Flug in der Geschichte ausgeführt. Bei der Eole handelte es sich um einen freitragenden Nurflügel-Eindecker, der von einer auf eine vierblättrige Luftschraube wirkenden 4-Zylinder-Dampfmaschine angetrieben wurde. Die Eole hob am 9. Oktober 1890 zu ihrem einzigen Flug ab, flog ca. 50 m weit, stürzte ab und wurde dabei zerstört.

Einen der ersten *gesteuerten* Motorflüge soll der deutsch-amerikanische Flugpionier [Gustav Weißkopf](https://de.wikipedia.org/wiki/Gustav_Wei%C3%9Fkopf) im Jahr 1901 über eine Strecke von einer halben Meile zurückgelegt haben. Hierzu gab es lediglich Zeugenaussagen, aber keinen fotografischen Beweis.

[Karl Jatho](https://de.wikipedia.org/wiki/Karl_Jatho) hat sich, in ihm zugeordneten handschriftlichen Notizen, „Luftsprünge“ mit seinem motorisierten [Jatho-Drachen](https://de.wikipedia.org/wiki/Jatho-Drachen) ab dem 18. August 1903 zugeschrieben, die von zunächst ca. 18 m, später bis ca. 60 m reichten. Der Zeitpunkt der Entstehung dieser Notizen und der Zeitpunkt ihrer Veröffentlichung sind unklar; ebenso unklar ist der Status von Zeugenaussagen zu diesen Luftsprüngen, die im August 1933, also 30 Jahre später, erfolgt sein sollen. Für 1907 belegte Flugversuche mit dem Jatho-Drachen scheiterten.[[18]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-18)

**Brüder Wright**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=46) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=46)]

[Ein Bild, das Flugzeug, draußen, Transport, Allgemeine Luftfahrt enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Kitty-hawk.jpg)Wright Flyer

Die herausragende [flugtechnische](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugtechnik) Leistung der [Brüder Wright](https://de.wikipedia.org/wiki/Br%C3%BCder_Wright) war die Entwicklung der ersten vollständigen aerodynamischen [Flugsteuerung](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugsteuerung) des Flugzeugs um alle drei Raumachsen, die sie selbst als notwendige Voraussetzung für den *kontrollierten* Motorflug ansahen und bereits mit ihrem [1902 Wright Glider](https://de.wikipedia.org/wiki/1902_Wright_Glider) erreichten. Sie verwendeten einen [Tragflächenverwindungsmechanismus](https://de.wikipedia.org/wiki/Tragfl%C3%A4che), den Vorläufer des heutigen [Querruders](https://de.wikipedia.org/wiki/Querruder), zur Steuerung der Rollbewegung um die [Längsachse](https://de.wikipedia.org/wiki/L%C3%A4ngsachse) (das seitliche Neigen), ein (vorn angebrachtes) [Höhenruder](https://de.wikipedia.org/wiki/H%C3%B6henruder) („[Canard](https://de.wikipedia.org/wiki/Canard)“) für die Steuerung der Nickbewegung um die [Querachse](https://de.wikipedia.org/wiki/Querachse) sowie ein [Seitenruder](https://de.wikipedia.org/wiki/Seitenruder) für die Kontrolle des [Gierens](https://de.wikipedia.org/wiki/Gierachse) um die Hochachse, ohne welches eine [Kurve](https://de.wikipedia.org/wiki/Kurvenflug) weder ein- noch wieder ausgeleitet werden kann. Mit dieser Dreiachssteuerung als Basis reichten sie bereits im März 1903 das Patent ihrer *Flying Machine* ein (erteilt 1906). Dass sie am 17. Dezember 1903 mit ihrem [Wright Flyer](https://de.wikipedia.org/wiki/Wright_Flyer) als Erste erfolgreich einen andauernden, gesteuerten Motorflug durchführten[[19]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-WDL-19), fußte auf den praktischen Erfahrungen mit dem Glider. Darüber hinaus haben sie ihre Flüge genauestens dokumentiert und innerhalb kurzer Zeit in weiteren Flügen die Tauglichkeit ihres Flugzeuges zweifelsfrei bewiesen. Von herausragender Bedeutung ist, dass Orville Wright bereits 1904 mit dem [Wright Flyer II](https://de.wikipedia.org/wiki/Wright_Flyer_II) einen gesteuerten Vollkreis fliegen konnte.

[Samuel Pierpont Langley](https://de.wikipedia.org/wiki/Samuel_Pierpont_Langley), ein Sekretär des [Smithsonian-Instituts](https://de.wikipedia.org/wiki/Smithsonian_Institution), versuchte einige Wochen vor dem Wright-Flug, sein „Aerodrome“ zum Fliegen zu bringen. Obwohl sein Versuch scheiterte, behauptete das Smithsonian-Institut einige Zeit, die Aerodrome wäre die erste „flugtaugliche Maschine“. Der Wright Flyer wurde dem Smithsonian Institut mit der Auflage gestiftet, dass das Institut keinen früheren motorisierten Flug anerkennen dürfe. Diese Auflage wurde von den Stiftern formuliert, um die frühere Darstellung des Instituts, Langley hätte mit der Aerodrome den ersten erfolgreichen Motorflug durchgeführt, zu unterbinden. Diese Auflage führte immer wieder zu der Vermutung, dass es vor den Wright Flyern erfolgreiche Versuche zum Motorflug gegeben habe, deren Anerkennung aber im Zusammenhang mit der Stiftungsauflage unterdrückt worden sei.

Die ersten Motorflugzeuge waren meistens Doppeldecker. Versuchsweise wurden auch mehr als drei Tragflächen übereinander angeordnet. Eine solche Mehrdeckerkonstruktion stammte von dem Engländer [Horatio Frederick Phillips](https://de.wikipedia.org/wiki/Horatio_Frederick_Phillips). Mit dem Fünfzigdecker „Horatio Phillips No. 2“ gelang ihm im Sommer 1907 der erste Motorflug in England.

**Erste Ärmelkanalüberquerung**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=47) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=47)]

Im Jahr 1909 setzte Europa weitere praktische Meilensteine in der Geschichte des Flugzeugs. Am 25. Juli 1909 überquerte [Louis Blériot](https://de.wikipedia.org/wiki/Louis_Bl%C3%A9riot) mit seinem Eindecker [Blériot XI](https://de.wikipedia.org/wiki/Bl%C3%A9riot_XI) als Erster mit einem Flugzeug den Ärmelkanal. Sein Flug von [Calais](https://de.wikipedia.org/wiki/Calais) nach [Dover](https://de.wikipedia.org/wiki/Dover) dauerte 37 Minuten bei einer durchschnittlichen Flughöhe von 100 Metern. Blériot konnte somit den von der englischen Zeitung [Daily Mail](https://de.wikipedia.org/wiki/Daily_Mail) für die erste Kanalüberquerung ausgelobten Geldpreis entgegennehmen. Mit der Blériot XI wurde ihr Konstrukteur „Vater der modernen Eindecker“. Der Erfolg der Maschine machte ihn zum ersten kommerziellen [Flugzeughersteller](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeughersteller).

Vom 22. bis zum 29. August 1909 fand mit der „Grande Semaine d’Aviation de la Champagne“ eine Flugschau bei [Reims](https://de.wikipedia.org/wiki/Reims) statt, die mehrere Rekorde bescherte: [Henri Farman](https://de.wikipedia.org/wiki/Henri_Farman) flog eine Strecke von 180 Kilometern in drei Stunden. Blériot flog die höchste Fluggeschwindigkeit über die 10-Kilometer-Strecke mit 76,95 km/h. [Hubert Latham](https://de.wikipedia.org/wiki/Hubert_Latham) erreichte auf einer „Antoinette“ des Flugzeugkonstrukteurs *Levasseur* mit 155 m die größte Flughöhe.

1910 gelang dem französischen Ingenieur [Henri Fabre](https://de.wikipedia.org/wiki/Henri_Fabre) mit dem von ihm konstruierten Canard [Hydravion](https://de.wikipedia.org/wiki/Fabre_Hydravion) der erste Flug mit einem [Wasserflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Wasserflugzeug).

**Monocoque**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=48) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=48)]

[Ein Bild, das Text, Entwurf, Zeichnung, Bild enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Early_Airplane_Deperdussin.jpg)Früher Aéroplane A.Deperdussin

Im Jahr 1912 erfindet [Louis Béchereau](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Louis_B%C3%A9chereau&action=edit&redlink=1) die [Monocoque](https://de.wikipedia.org/wiki/Monocoque)-Bauweise für Flugzeuge. Die Rümpfe anderer Flugzeuge bestanden aus einem mit lackiertem Stoff überzogenen Gerüst. Das von Béchereau entworfene [Deperdussin-Monocoque](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Deperdussin_Monocoque&action=edit&redlink=1)-Rennflugzeug besaß jedoch einen Stromlinienrumpf aus einer Holzschale ohne inneres Gerüst. Neu war auch die „DEP“-Steuerung, bei der auf dem Steuerknüppel für die Nickbewegung ein Steuerrad für die Rollbewegung saß, ein Prinzip, das heute noch vielfach Verwendung findet. Als Triebwerk besaß das Flugzeug einen speziellen Flugzeugmotor, den [Gnôme-Umlaufmotor](https://de.wikipedia.org/wiki/Umlaufmotor). Die Deperdussin Monocoques waren die schnellsten Flugzeuge ihrer Zeit.

Ein wesentlicher technischer Durchbruch gelang kurz vor dem Ersten Weltkrieg dem russischen Konstrukteur und Piloten [Igor Iwanowitsch Sikorski](https://de.wikipedia.org/wiki/Igor_Iwanowitsch_Sikorski), der später eher als Hersteller von [Flugbooten](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugboot) und Konstrukteur von Hubschraubern in den USA bekannt wurde. Von 1913 bis 1914 bewies er mit den ersten von ihm konstruierten „Großflugzeugen“, dem zweimotorigen [Grand Baltiski](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Grand_Baltiski&action=edit&redlink=1), dem viermotorigen [Russki Witjas](https://de.wikipedia.org/wiki/Russki_Witjas) und dessen Nachfolger, dem viermotorigen [Ilja Muromez](https://de.wikipedia.org/wiki/Sikorsky_Ilja_Muromez), dass solche großen Flugzeuge sicher und stabil fliegen können, selbst wenn ein oder zwei Motoren abgestellt sind oder ausfallen.

**Der Erste Weltkrieg**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=49) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=49)]

Während des [Ersten Weltkrieges](https://de.wikipedia.org/wiki/Erster_Weltkrieg) erkannten die Militärs den Wert der Luftaufklärung. Zugleich wollten sie den Gegner an einer Aufklärung hindern. Das Flugzeug entwickelte sich zur Waffe, und die Grundlagen des [Luftkrieges](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftkrieg) mit Propellerflugzeugen wurden gelegt. Die zu Anfang des Krieges noch weit verbreiteten Flugzeuge mit Druckpropeller wurden durch die wendigeren und schnelleren Maschinen mit Zugpropeller ersetzt.[[20]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-20) Hierzu trug bei, dass die Synchronisierung der [Bordmaschinengewehre](https://de.wikipedia.org/wiki/Maschinengewehr) mit dem Propeller über ein [Unterbrechergetriebe](https://de.wikipedia.org/wiki/Unterbrechergetriebe) entwickelt wurde, so dass man mit der starren Bewaffnung durch den eigenen Propellerkreis schießen konnte. Auf diese Weise konnte der Pilot mit dem Flugzeug den Gegner anvisieren, was den Einsatz von Maschinengewehren im Luftkampf wesentlich erfolgreicher machte. Aus den Flugzeugen wurden [Granaten](https://de.wikipedia.org/wiki/Granate), [Flechettes](https://de.wikipedia.org/wiki/Fliegerpfeil) und darauf folgend erste spezielle [Spreng-](https://de.wikipedia.org/wiki/Sprengbombe) und [Brandbomben](https://de.wikipedia.org/wiki/Brandbombe) abgeworfen. Dabei sollten zunächst die Soldaten in den feindlichen Linien und später auch Fabriken und Städte getroffen werden.

Während des Ersten Weltkrieges wurde eine Flugzeugindustrie aus dem Boden gestampft, es entstanden die ersten [Flugplätze](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugplatz), und die Technik des [Flugfunks](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugfunk) wurde entwickelt. Durch den Einsatz von neuen Metallen (Aluminium) wurden [Flugzeugmotoren](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeugmotor) immer leistungsfähiger.

Im Jahr 1915 erprobte [Hugo Junkers](https://de.wikipedia.org/wiki/Hugo_Junkers) das erste [Ganzmetallflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Ganzmetallflugzeug) der Welt, die [Junkers J 1](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_J_1). Hugo Junkers baute 1919 auch das erste Ganzmetall-[Verkehrsflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Verkehrsflugzeug) der Welt, die [Junkers F 13](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_F_13), deren Konstruktionsprinzipien richtungweisend für folgende Flugzeuggenerationen wurden.

**Zwischenkriegszeit**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=50) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=50)]

Während des Ersten Weltkrieges war die Flugzeugproduktion stark angekurbelt worden. Nach diesem Krieg mussten die [Flugzeughersteller](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeughersteller) ums Überleben kämpfen, da nicht mehr so viele Militärflugzeuge gebraucht wurden. Gerade in Europa gingen viele der ehemaligen Flugzeughersteller in Konkurs, wenn es ihnen nicht gelang, ihre Produktion auf zivile Güter umzustellen. In den USA waren Kampfflugzeuge geradezu zu Schleuderpreisen zu kaufen. Ehemalige Piloten von Kampfflugzeugen mussten sich eine neue Beschäftigung suchen.

**Kommerzielle zivile Luftfahrt**

* [Junkers F 13](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Junkers-f13.jpg)

Junkers F 13

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:JU_52_3M.jpg)

Junkers Ju 52/3m

Sowohl in den USA als auch in Europa entstanden viele neue zivile Dienste und [Luftfahrtgesellschaften](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftfahrtgesellschaft), wie z. B. die [Luft Hansa](https://de.wikipedia.org/wiki/Lufthansa) 1926. Die bekanntesten [Passagierflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Passagierflugzeug) dieser Zeit waren die [Junkers F 13](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_F_13), die [Junkers G 38](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_G_38), die [Dornier Wal](https://de.wikipedia.org/wiki/Dornier_Wal), die [Handley Page H.P.42](https://de.wikipedia.org/wiki/Handley_Page_H.P.42) und die [Junkers Ju 52/3m](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_Ju_52/3m).

**Langstreckenflüge**

[Ein Bild, das Flugzeug, Transport, draußen, Propellerflugzeug enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:NC4nasagov.jpg)Curtiss NC-4

Die große Herausforderung nach dem Krieg waren Langstreckenflüge, vor allem die Überquerung des Atlantik. Diese Aufgabe kostete einige Menschenleben, bis eines von drei in [Neufundland](https://de.wikipedia.org/wiki/Neufundland) gestarteten [Curtiss](https://de.wikipedia.org/wiki/Curtiss_Aeroplane_and_Motor_Company_Incorporated)-Flugbooten der US-Navy, die [Curtiss NC-4](https://de.wikipedia.org/wiki/Curtiss_NC-4), nach 11 Tagen am 27. Mai 1919 in [Lissabon](https://de.wikipedia.org/wiki/Lissabon) landete.

[Ein Bild, das Himmel, draußen, Flugzeug, Platane Flugzeug Hobel enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Alcock-Brown-Clifden.jpg)Die Vickers Vimy von Alcock und Brown nach der Bruchlandung in Clifden[Ein Bild, das Transport, Flugzeug, Propellerflugzeug, Leichtflugzeug enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Aircraft_fieseler_Storch_D-EVDB_Airfield_Bonn-Hangelar_20090822.JPG)[Fieseler „Storch“](https://de.wikipedia.org/wiki/Fieseler_Fi_156) (ab 1936)

In der Zeit vom 14. bis 15. Juni 1919 gelingt den britischen Fliegern Captain [John Alcock](https://de.wikipedia.org/wiki/John_Alcock_(Pilot)) und Lieutenant [Arthur Whitten Brown](https://de.wikipedia.org/wiki/Arthur_Whitten_Brown) der erste [Nonstop-Flug](https://de.wikipedia.org/wiki/Nonstop-Flug) über den Atlantik von West nach Ost. Ihr Flugzeug war ein zweimotoriger modifizierter Bomber Typ [Vickers Vimy](https://de.wikipedia.org/wiki/Vickers_Vimy) IV mit offenem Cockpit.

[Charles Lindbergh](https://de.wikipedia.org/wiki/Charles_Lindbergh) gelingt zwischen 20. und 21. Mai 1927 mit seinem Flugzeug „Ryan NYP“ [Spirit of St. Louis](https://de.wikipedia.org/wiki/Spirit_of_St._Louis) der erste Nonstop-Alleinflug von [New York](https://de.wikipedia.org/wiki/New_York_City) nach [Paris](https://de.wikipedia.org/wiki/Paris) über den Atlantik. Er gewinnt damit den seit 1919 ausgelobten *Orteig Prize*. Allein dieser Überflug brachte der US-amerikanischen Flugzeugindustrie und den US-amerikanischen Fluggesellschaften einen deutlichen Aufschwung. Eine von [Daniel Guggenheim](https://de.wikipedia.org/wiki/Daniel_Guggenheim_(Industrieller)) finanzierte Reise Lindberghs durch alle US-Bundesstaaten führte im ganzen Land zum Bau von Flugplätzen. Am 12. April 1928 gelingt der [Transatlantikflug](https://de.wikipedia.org/wiki/Atlantik%C3%BCberquerung) von Ost ([Baldonnel](https://de.wikipedia.org/wiki/Baldonnel) in Irland) nach West ([Greenly Island](https://de.wikipedia.org/wiki/Greenly_Island_(Kanada)) – Neufundland) durch [Hermann Köhl](https://de.wikipedia.org/wiki/Hermann_K%C3%B6hl), [James Fitzmaurice](https://de.wikipedia.org/wiki/James_Fitzmaurice) und [Ehrenfried Günther Freiherr von Hünefeld](https://de.wikipedia.org/wiki/Ehrenfried_G%C3%BCnther_Freiherr_von_H%C3%BCnefeld) mit einer modifizierten [Junkers W 33](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_W_33).

**Flugboote**  
Ab Ende der 20er Jahre beginnt das Zeitalter der großen [Flugboote](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugboot), deren bekannteste Vertreter die [Dornier Do X](https://de.wikipedia.org/wiki/Dornier_Do_X) und [Boeing 314](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_314) waren. Haupteinsatzbereich waren weite Transatlantik- und Pazifikflüge.

Mit der Flugbootkombination [Short Mayo](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Short_Mayo&action=edit&redlink=1) war ab 1937 in England für Transatlantikflüge experimentiert worden. Der Sinn der Short-Mayo-Kombination war, mit einem leicht betankten Flugboot, in diesem Fall einer Short-S.21, ein schwerbeladenes Wasserflugzeug (eine Short-S.20) auf Flughöhe zu tragen und dort auszuklinken. Diese Kombination sollte das Verhältnis zwischen Leistung, Nutzlast und Treibstoff optimieren.

**Katapultflugzeuge**  
Als Pionier im Katapultflugzeugbau gilt [Ernst Heinkel](https://de.wikipedia.org/wiki/Ernst_Heinkel), der 1925 eine Abflugbahn (noch kein Katapult) mit Flugzeug auf das japanische [Schlachtschiff](https://de.wikipedia.org/wiki/Schlachtschiff) [*Nagato*](https://de.wikipedia.org/wiki/Nagato_(Schiff)) aufsetzte und erfolgreich persönlich in Dienst nahm.

Auf wenigen großen [Passagierschiffen](https://de.wikipedia.org/wiki/Passagierschiff) wie der [*Bremen*](https://de.wikipedia.org/wiki/Bremen_(Schiff,_1929)) wurden mit dem Aufkommen der Katapulttechnik [Katapultflugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Katapultflugzeug) eingesetzt, die mittels eines Dampfkatapults gestartet wurden. Die Flugzeuge dienten meist zur schnellen Postbeförderung, wie die [Heinkel HE 12](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinkel_HE_12) und die [Junkers Ju 46](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_Ju_46). Im militärischen Bereich wurden Katapultflugzeuge hauptsächlich für die Luftaufklärung eingesetzt. Kleine Maschinen, wie die [Arado Ar 196](https://de.wikipedia.org/wiki/Arado_Ar_196), wurden von großen Kriegsschiffen aus eingesetzt und große Katapultflugzeuge, wie die [Dornier Do 26](https://de.wikipedia.org/wiki/Dornier_Do_26), wurden in den 1930er Jahren von der [Lufthansa](https://de.wikipedia.org/wiki/Lufthansa) für den Transatlantik-Luftpostverkehr von [Flugstützpunktschiffen](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugst%C3%BCtzpunktschiff) aus eingesetzt und im [Zweiten Weltkrieg](https://de.wikipedia.org/wiki/Zweiter_Weltkrieg) als Transportflugzeuge und See-Fernaufklärer.

**Höhenflugzeuge**  
Bereits ab 1937 begann die deutsche Luftwaffe mit dem Bau von [Höhenflugzeugen](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=H%C3%B6henflugzeug&action=edit&redlink=1), diese waren mit [Druckkabinen](https://de.wikipedia.org/wiki/Druckkabine) ausgestattet und erreichten Höhen zwischen 12.000 und 15.000 m. Die bekanntesten Vertreter waren die [Junkers EF 61](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_EF_61), später die [Henschel Hs 130](https://de.wikipedia.org/wiki/Henschel_Hs_130) und die [Junkers Ju 388](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_Ju_388). Sie dienten als Höhenaufklärer bzw. Höhenbomber, allerdings wurden sie nur in wenigen Exemplaren gebaut. Als erstes Passagierflugzeug mit einer Druckkabine erlaubte der [Boeing 307](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_307) *Stratoliner* einen Flug über dem Wetter und damit eine wesentliche Komfortsteigerung für die Passagiere.

**1939 bis 1945**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=51) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=51)]

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Boeing_307_Udvar_Hazy.jpg)

Mit Druckkabine: Boeing B-307

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Spitfire_F_XVIII_SM845.jpg)

Spitfire Mk. XVIII

Am 20. Juni 1939 startet mit der [Heinkel He 176](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinkel_He_176) das erste Versuchsflugzeug mit regelbarem [Flüssigkeitsraketenantrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Fl%C3%BCssigkeitsraketentriebwerk). Dieses Flugzeug besitzt auch als erstes als Rettungsmittel eine abtrennbare Cockpitkapsel mit Bremsschirm. Der Pilot musste sich im Notfall dann allerdings von der Kapsel befreien und mit dem Fallschirm abspringen. Das Flugzeug erreichte eine maximale Geschwindigkeit von ca. 750 km/h.

Die [Heinkel He 178](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinkel_He_178) war das erste Flugzeug der Welt, das von einem [Turbinen-Luftstrahltriebwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Strahltriebwerk) angetrieben wurde. Der Erstflug erfolgte am 27. August 1939.

Durch die Luftschlacht um England geriet das Jagdflugzeug zunächst in den Mittelpunkt. Die beiden herausstechenden Typen dieser Zeit waren die [Messerschmitt Bf 109](https://de.wikipedia.org/wiki/Messerschmitt_Bf_109) und die [Supermarine Spitfire](https://de.wikipedia.org/wiki/Supermarine_Spitfire), die durch Verbesserungen der Aerodynamik und auch der Leistungsfähigkeit der Motoren im Laufe ihrer Entwicklung wesentlich in ihrer Leistungsfähigkeit gesteigert wurden.

Die [Heinkel He 280](https://de.wikipedia.org/wiki/Heinkel_He_280) war das erste [zweistrahlige Flugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Zweistrahliges_Flugzeug) der Welt; es besaß zwei Turbostrahltriebwerke. Es war auch das erste Flugzeug, das mit einem [Schleudersitz](https://de.wikipedia.org/wiki/Schleudersitz) ausgerüstet war. Der Erstflug fand am 2. April 1941 statt. Seinen ersten Einsatz als Rettungsgerät hatte der Schleudersitz wohl am 13. Januar 1943, als sich der Pilot aus einer He 280 katapultieren musste, die wegen Vereisung flugunfähig geworden war.

* [Messerschmitt Bf 109](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Me109_G-6_D-FMBB_1.jpg)

Messerschmitt Bf 109

Die Alliierten setzten für den strategischen Luftkrieg große viermotorige Bombenflugzeuge ein. Da Angriffe wegen der deutschen Luftverteidigung oft nachts geflogen werden mussten, hielt die [Avionik](https://de.wikipedia.org/wiki/Avionik) in den Luftkrieg Einzug. Geräte zu Positionsbestimmung, wie das [GEE](https://de.wikipedia.org/wiki/GEE_(Navigation))-Verfahren, [Radar](https://de.wikipedia.org/wiki/Radar) zur Navigation und zur Nachtjagd und auch Funkgeräte zogen in Einsatz ein. Der Kampf führte zu immer größeren Flughöhen und Geschwindigkeiten. Um die Bombenflugzeuge wirksam schützen zu können, wurden Jagdflugzeuge mit großer [Reichweite](https://de.wikipedia.org/wiki/Reichweite_(Transportwesen)) entwickelt, etwa die [North American P-51](https://de.wikipedia.org/wiki/North_American_P-51)

* [North American P-51 Mustang](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:North_American_P-51_Mustang.jpg)

North American P-51 Mustang

* [Mitsubishi Zero](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Mitsubishi_Zero-Yasukuni.jpg)

Mitsubishi Zero

Die [Arado Ar 234](https://de.wikipedia.org/wiki/Arado_Ar_234)B-2 von 1944 war der erste [vierstrahlige](https://de.wikipedia.org/wiki/Vierstrahliges_Flugzeug) [Bomber](https://de.wikipedia.org/wiki/Bomber) mit einem Autopiloten (*PDS*), gefolgt. Kurz vor Kriegsende entstand der zweistrahlige [Nurflügler](https://de.wikipedia.org/wiki/Nurfl%C3%BCgler) [Horten H IX](https://de.wikipedia.org/wiki/Horten_H_IX). Die Außenhülle war mit einer Mischung aus Kohlenstaub und Leim beschichtet, um [Radarstrahlen](https://de.wikipedia.org/wiki/Radar) zu absorbieren.

Mit der [Messerschmitt Me 163](https://de.wikipedia.org/wiki/Messerschmitt_Me_163) wurde Mitte 1944 ein Raketengleiter, ausgehend von einem Segelflugzeug, zur Einsatzreife entwickelt. Als Objektschutzjäger eingesetzt bestach das Flugzeug durch seine Steigleistung, war jedoch aufgrund der Einsatzumstände praktisch wirkungslos.

Während dieser Zeit steigerte sich die Fluggeschwindigkeit bis in den transsonischen Bereich. Umfangreiche Forschungsprojekte, insbesondere auf deutscher Seite, führten zu grundlegenden Entdeckungen der in der Hochgeschwindigkeitsaerodynamik, etwa die Anwendung der [Tragflächenpfeilung](https://de.wikipedia.org/wiki/Pfeilung) oder die Entdeckung der [Flächenregel](https://de.wikipedia.org/wiki/Fl%C3%A4chenregel). Produkt dieser Bemühungen war der schwere Strahlbomber [Junkers Ju 287](https://de.wikipedia.org/wiki/Junkers_Ju_287) mit negativer Pfeilung der Tragflächen und Anwendung der Flächenregel.

Die Japaner errangen mit ihrer leichten und wendigen [Mitsubishi Zero Sen](https://de.wikipedia.org/wiki/Mitsubishi_A6M) im Pazifik zunächst herausragende Erfolge. Erst spätere Entwicklungen der USA erlaubten es, gegen den Gegner mit Erfolgsaussicht vorzugehen. Als die Lage Ende 1944 für Japan immer aussichtsloser wurde, ersannen sie [Kamikaze-Flugzeuge](https://de.wikipedia.org/wiki/Shimp%C5%AB_Tokk%C5%8Dtai), deren Piloten das voll Sprengstoff gepackte Flugzeug selbstmörderisch auf alliierte Schiffe lenkten.

* [Messerschmitt Me 163](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Me163a.jpg)

Messerschmitt Me 163

* [Kamikazeflugzeug Yokosuka MXY-7](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Ohka7_USGOV.jpg)

Kamikazeflugzeug Yokosuka MXY-7

* [B-29 „Enola Gay“](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Enola_Gay_(plane).jpg)

B-29 „Enola Gay“

**1945 bis heute**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=52) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=52)]

1947 durchbrach die [Bell X-1](https://de.wikipedia.org/wiki/Bell_X-1) als erstes Flugzeug offiziell die [Schallmauer](https://de.wikipedia.org/wiki/Schallmauer), inoffiziell war das nach Berichten deutscher Kampfflieger aus Versehen bereits 1945 mit einer [Messerschmitt](https://de.wikipedia.org/wiki/Messerschmitt_AG) [Me 262](https://de.wikipedia.org/wiki/Messerschmitt_Me_262) gelungen. Die X-1 war ein [Experimentalflugzeug](https://de.wikipedia.org/wiki/Experimentalflugzeug) mit [Raketenantrieb](https://de.wikipedia.org/wiki/Raketenantrieb), welches von einer [B-29](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_B-29) in ca. 10 km Höhe getragen und dort ausgeklinkt wurde, woraufhin der Raketenantrieb zündete und das Flugzeug die Schallmauer durchbrach.

Mit dem [Kalten Krieg](https://de.wikipedia.org/wiki/Kalter_Krieg) und dem [Koreakrieg](https://de.wikipedia.org/wiki/Koreakrieg) (1950–1953) begann das Wettrüsten der Strahlflugzeuge. Am 8. November 1950 gelang der weltweit erste Sieg in einem Luftkampf zwischen Strahlflugzeugen, bei dem eine [MiG-15](https://de.wikipedia.org/wiki/MiG-15) von einer [Lockheed P-80](https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_P-80) abgeschossen wurde. Grundsätzlich waren die P-80 und [Republic F-84](https://de.wikipedia.org/wiki/Republic_F-84) den sowjetischen Jets jedoch nicht gewachsen und wurden deshalb bald von der [F-86 Sabre](https://de.wikipedia.org/wiki/North_American_F-86) abgelöst.

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Bell_X-1.jpg)

Bell X-1

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Production_P-80s_af.jpg)

Lockheed P-80

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:North_American_F86-01.JPG)

North American F-86 „Sabre“

Mit der Inbetriebnahme der britischen [De Havilland DH.106 Comet](https://de.wikipedia.org/wiki/De_Havilland_DH.106_Comet) bei der Fluggesellschaft [BOAC](https://de.wikipedia.org/wiki/British_Overseas_Airways_Corporation) begann 1952 das Zeitalter der [Strahlturbinen](https://de.wikipedia.org/wiki/Strahlturbine) auch für Verkehrsflugzeuge. Allerdings wurden die wechselnden Druck-Belastungen nicht ausreichend berücksichtigt – der Verkehr fand jetzt in größeren Höhen statt und die Lastwechsel der Druckkabine führten zu Haarrissen im Rumpf. Als 1954 zwei Maschinen dieses Typs abstürzten, musste mit großem Aufwand nach den Ursachen geforscht werden; es handelte sich um [Materialermüdung](https://de.wikipedia.org/wiki/Materialerm%C3%BCdung). Diese Forschung kam allen Konstrukteuren zugute. Mit der [Tupolew Tu-104](https://de.wikipedia.org/wiki/Tupolew_Tu-104) etablierte währenddessen die Sowjetunion ab 1956 erfolgreiche Liniendienste. Die Comet nahm mit einem weitgehend neu konstruierten Rumpf als DH.106 Comet 4B im Herbst 1958 ihren Dienst wieder auf, allerdings nur kurz vor der [Boeing 707](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_707), welche eine etwas höhere Reichweite hatte und mehr als doppelt so viele Passagiere befördern konnte. Eine verbesserte Wirtschaftlichkeit brachte ab 1962 der Einsatz der leistungsstärkeren und verbrauchsärmeren Mantelstromtriebwerke (engl. Turbofan). Anfang der 1970er Jahre begann der Einsatz von [Großraumpassagierflugzeugen](https://de.wikipedia.org/wiki/Gro%C3%9Fraumflugzeug) wie zum Beispiel dem [Boeing 747](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_747) „Jumbo-Jet“ und der [McDonnell Douglas DC-10](https://de.wikipedia.org/wiki/McDonnell_Douglas_DC-10), später kamen Airbus-Baureihen dazu; größtes Passagierflugzeug ist heute der [Airbus A380](https://de.wikipedia.org/wiki/Airbus_A380).

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:DeHavilland_Comet.jpg)

De Havilland DH.106 „Comet“

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Boac.707.arp.750pix.jpg)

Boeing 707 mit [Pratt & Whitney JT3C](https://de.wikipedia.org/wiki/Pratt_%26_Whitney_JT3C) Strahlturbinen

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Pia.b747-367.ap-bfw.750pix.jpg)

Boeing 747 „Jumbo-Jet“

Mit Beginn der 1950er Jahre begann die Entwicklung weitreichender [strategischer Bomber](https://de.wikipedia.org/wiki/Strategischer_Bomber), die auch [Atombomben](https://de.wikipedia.org/wiki/Atombombe) tragen konnten. Die bekanntesten Vertreter waren die [Boeing B-52](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_B-52), [Convair B-58](https://de.wikipedia.org/wiki/Convair_B-58), [Mjassischtschew M-4](https://de.wikipedia.org/wiki/Mjassischtschew_M-4), die [Tupolew Tu-95](https://de.wikipedia.org/wiki/Tupolew_Tu-95) und die [Avro Vulcan](https://de.wikipedia.org/wiki/Avro_Vulcan). Die B-58 war das erste Kampfflugzeug mit einem zentralen Bordrechner, der die zahlreichen Baugruppen zusammenfasste.

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Boeing_B-52H_Aspect_ratio.jpg)

Boeing B-52 „Stratofortress“

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:B-58_Hustler.jpg)

Convair B-58 „Hustler“

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Canadian_CF-18_Hornet_escorts_Soviet_Tupolev_Tu-95_in_1987.jpg)

Tupolew Tu-95 „Bear hinter einer F/A18 Hornet“

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Vulcan.filton.arp.750pix.jpg)

Avro „Vulcan“

1955 rüstete die französische Firma [Sud Aviation](https://de.wikipedia.org/wiki/Sud_Aviation) ihren Hubschrauber [Alouette II](https://de.wikipedia.org/wiki/Alouette_II) mit einer 250-kW-Turboméca-Artouste-Wellenturbine aus und baute damit den ersten Hubschrauber mit Gasturbinenantrieb.

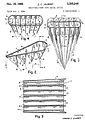
Mit dem [Hawker Siddeley Harrier](https://de.wikipedia.org/wiki/Hawker_Siddeley_Harrier) begann die Serienherstellung senkrechtstartender [VTOL](https://de.wikipedia.org/wiki/VTOL)-Flugzeuge ab 1966. Allerdings kamen fast alle anderen VTOL-Flugzeuge nicht über das Prototypenstadium hinaus. Die [USA](https://de.wikipedia.org/wiki/Vereinigte_Staaten) entwickeln zurzeit (2005) mit dem [Lockheed Martin F-35](https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_Martin_F-35) eine neue Generation von V/STOL-Flugzeugen.

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:A%C3%A9rospatiale_SA-3130_BW_Alouette_II.jpg)

Alouette II

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Usaf.u2.750pix.jpg)

Lockheed U-2 (heute TR1)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Jalbert-pat-draw.JPG)

Aus der Patentschrift zum *Parafoil*

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:AV-8B_Harrier_II-.jpg)

Harrier II

Mit dem [Vietnamkrieg](https://de.wikipedia.org/wiki/Vietnamkrieg) trafen erneut sowjetische und amerikanische Flugzeuge aufeinander. Dabei erwies sich die [MIG 21](https://de.wikipedia.org/wiki/Mikojan-Gurewitsch_MiG-21) gegenüber der amerikanischen [McDonnell F-4](https://de.wikipedia.org/wiki/McDonnell_F-4) Phantom II in vielen Fällen als überlegen. Die [Boeing B-52](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_B-52) wurde zu großflächigen Bombardements eingesetzt. Der umfangreiche Einsatz von Hubschraubern, wie der [CH-47 Chinook](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing-Vertol_CH-47) und [Bell UH-1](https://de.wikipedia.org/wiki/Bell_UH-1), wurde immer wichtiger.

Mit dem Jungfernflug der [Tupolew Tu-144](https://de.wikipedia.org/wiki/Tupolew_Tu-144) am 31. Dezember 1968 und der [Concorde](https://de.wikipedia.org/wiki/Concorde) am 2. März 1969 begann die Episode des Überschall-Passagierluftverkehrs. Die Amerikaner hatten bei konventionellen zivilen, mit Turbinenstrahltriebwerken angetriebenen Passagierflugzeugen eine Monopolstellung erreicht. Diese wollten Engländer und Franzosen durch den Bau der Concorde durchbrechen. Der gestiegene [Ölpreis](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96lpreis) (er vervielfachte sich während der [Ölkrisen](https://de.wikipedia.org/wiki/%C3%96lkrise) 1973 und 1979/80) machte die Concorde unwirtschaftlich. Der enorme Kraftstoffverbrauch galt als ökologisch bedenklich. [British Airways](https://de.wikipedia.org/wiki/British_Airways) und [Air France](https://de.wikipedia.org/wiki/Air_France) – damals beide staatliche Fluggesellschaften – wurden von ihren Regierungen zum Kauf der Concorde genötigt.[[21]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-21) Der letzte Flug einer Concorde fand am 26. November 2003 statt.

Die [Lockheed F-117](https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_F-117)A Nighthawk der [United States Air Force](https://de.wikipedia.org/wiki/United_States_Air_Force) war das weltweit erste einsatzbereite Flugzeug, das sich die [Tarnkappentechnik](https://de.wikipedia.org/wiki/Tarnkappentechnik) konsequent zunutze machte. Die erste F-117A wurde 1982 ausgeliefert. Während des Baus der F-117 wurde sie von den amerikanischen Ingenieuren als „hoffnungsloser“ Fall bezeichnet, da sie vermuteten, dass das Flugzeug aufgrund seiner Form nie in der Lage sein würde zu fliegen. Bevor sie einen offiziellen Namen bekamen, nannten die Ingenieure und Testpiloten die unkonventionellen Flugzeuge, die während des Tages versteckt wurden, um Entdeckung durch sowjetische [Satelliten](https://de.wikipedia.org/wiki/Satellit_(Raumfahrt)) zu verhindern, „Cockroaches“ ([Kakerlaken](https://de.wikipedia.org/wiki/Kakerlake)). Diese Bezeichnung wird noch immer häufig benutzt, weil diese Flugzeuge nach Meinung vieler zu den hässlichsten gehören, die bislang gebaut wurden. Das Flugzeug wird auch „Wobblin Goblin“ genannt,[[22]](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#cite_note-22) speziell wegen ihrer unruhigen Flugeigenschaften bei [Luftbetankungen](https://de.wikipedia.org/wiki/Luftbetankung). Es lässt sich auf Grund seiner instabilen aerodynamischen Eigenschaften nur mit Computerunterstützung fliegen.

Mit dem Raketenflugzeug [SpaceShipOne](https://de.wikipedia.org/wiki/SpaceShipOne) gelang am 21. Juni 2004 der erste privat finanzierte [suborbitale](https://de.wikipedia.org/wiki/Suborbital) Raumflug über 100 km Höhe. Die Maschine wurde von der Firma [Scaled Composites](https://de.wikipedia.org/wiki/Scaled_Composites) im Rahmen des Projekts [Tier One](https://de.wikipedia.org/wiki/Tier_One) entwickelt, um den Wettbewerb [Ansari X-Prize](https://de.wikipedia.org/wiki/Ansari_X-Prize) der *X-Prize Foundation* für sich entscheiden zu können. Dieser stellte zehn Millionen Dollar für denjenigen in Aussicht, der als Erster mit einem Fluggerät neben dem Piloten zwei Personen oder entsprechenden Ballast in eine Höhe von mehr als 100 Kilometer befördert und dies mit demselben Fluggerät innerhalb von 14 Tagen wiederholt.

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Tupolew_Tu_144_Sinsheim.JPG)

[Tupolew Tu-144](https://de.wikipedia.org/wiki/Tupolew_Tu-144)

* [](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:US_Air_Force_F-117_Nighthawk.jpg)

[Lockheed F-117](https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_F-117)

**Laufende Forschung und Zukunft**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=53) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=53)]

Um der Thematik der notwendigen Treibstoffeinsparung zu begegnen, wird häufig der mögliche Einsatz von [Nurflüglern](https://de.wikipedia.org/wiki/Nurfl%C3%BCgler) diskutiert. Damit soll auch die Lärmbelastung gesenkt werden. Ein realistischer Forschungsschwerpunkt ist der erweiterte Einsatz von Leichtbauwerkstoffen wie [CFK](https://de.wikipedia.org/wiki/Kohlenstofffaserverst%C3%A4rkter_Kunststoff) und bedingt [GLARE](https://de.wikipedia.org/wiki/GLARE). Auch werden neue Triebwerke mit Wärmerückgewinnung über Wärmeübertrager entwickelt. Die Nutzung aerodynamischer Erkenntnisse bei z. B. den [Winglets](https://de.wikipedia.org/wiki/Winglet) oder den [Gurney Flaps](https://de.wikipedia.org/wiki/Gurney_Flap) werden untersucht. Im militärischen Bereich setzen sich immer mehr die [Drohnen](https://de.wikipedia.org/wiki/Unbemanntes_Luftfahrzeug) durch und mit der [Boeing AL-1](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_AL-1) werden ganz neue Waffensysteme auf Laser-Basis erprobt.

Rekorde[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=54) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=54)]

**Fluggeschwindigkeit**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=55) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=55)]

→ *Hauptartikel:*[*Liste der Fluggeschwindigkeitsrekorde*](https://de.wikipedia.org/wiki/Liste_der_Fluggeschwindigkeitsrekorde)

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die von Flugzeugen erreichten Geschwindigkeitsrekorde:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jahr** | **Geschw.** | **Pilot** | **Nationalität** | **Flugzeug** |
| 1903 | 56 km/h | [Orville Wright](https://de.wikipedia.org/wiki/Orville_Wright) | USA | [Flyer 1](https://de.wikipedia.org/wiki/Wright_Flyer) |
| 1910 | 106 km/h | Leon Morane | Frankreich | [Blériot XI](https://de.wikipedia.org/wiki/Bl%C3%A9riot_XI) |
| 1913 | 204 km/h | Maurice Prevost | Frankreich | Deperdussin-Monocoque |
| 1923 | 417 km/h | Harold J. Brow | USA | [Curtiss R2C](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Curtiss_R2C&action=edit&redlink=1)-1 |
| 1934 | 709 km/h | [Francesco Agello](https://de.wikipedia.org/wiki/Francesco_Agello) | Italien | [Macchi-Castoldi M.C.72](https://de.wikipedia.org/wiki/Macchi-Castoldi_M.C.72) (Schwimmerflugzeug) |
| 1939 | 755 km/h | [Fritz Wendel](https://de.wikipedia.org/wiki/Fritz_Wendel_(Pilot)) | Deutschland | [Messerschmitt Me 209](https://de.wikipedia.org/wiki/Messerschmitt_Me_209) V1 |
| 1941 | 1.004 km/h | [Heini Dittmar](https://de.wikipedia.org/wiki/Heini_Dittmar) | Deutschland | [Messerschmitt Me 163](https://de.wikipedia.org/wiki/Messerschmitt_Me_163) (Raketenjäger) |
| 1947 | 1.127 km/h [Mach](https://de.wikipedia.org/wiki/Mach-Zahl) 1,015 | [Charles Elwood Yeager](https://de.wikipedia.org/wiki/Chuck_Yeager) | USA | [Bell X-1](https://de.wikipedia.org/wiki/Bell_X-1) |
| 1951 | 2.028 km/h | Bill Bridgeman | USA | Douglas Skyrocket |
| 1956 | 3.058 km/h | Frank Everest | USA | Bell 52 X-2 (Rakete) |
| 1961 | 5.798 km/h | Robert White | USA | [North American](https://de.wikipedia.org/wiki/North_American_Aviation) [X-15](https://de.wikipedia.org/wiki/North_American_X-15) (Raketenflugzeug) |
| 1965 | 3.750 km/h | W. Daniel | USA | [Lockheed](https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed) [SR-71 Blackbird](https://de.wikipedia.org/wiki/Lockheed_SR-71) (Düsenflugzeug) |
| 1966 | 7.214 km/h | William Joseph Knight | USA | [North American](https://de.wikipedia.org/wiki/North_American_Aviation) [X-15](https://de.wikipedia.org/wiki/North_American_X-15) (Raketenflugzeug) |
| 2004 | 11.265 km/h | unbemannt | USA | [Boeing X-43A](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_X-43A) ([Staustrahltriebwerk](https://de.wikipedia.org/wiki/Staustrahltriebwerk)) |

**Größe**[[Bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&veaction=edit&section=56) | [Quelltext bearbeiten](https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Flugzeug&action=edit&section=56)]

[Ein Bild, das Flugzeug, Platane Flugzeug Hobel, draußen, Transport enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:An-225_front_day_V1.jpg)Antonow An-225 im April 2004

Als größtes Flugzeug überhaupt gilt das Frachtflugzeug [Antonow An-225](https://de.wikipedia.org/wiki/Antonow_An-225) „Mrija“, von dem nur ein einziges Exemplar fertiggestellt und am 27. Februar 2022 zerstört wurde. Es übertraf alle anderen Flugzeuge an Länge, Startgewicht und Gesamtschub. Der Airbus A380 ist nach Kapazität, Spannweite, Höhe und Startgewicht das größte Passagierflugzeug der Welt, aber nicht das längste – das ist die Boeing [747-8](https://de.wikipedia.org/wiki/747-8) mit 76,30 m. Die größte Spannweite aller Flugzeuge hat das für Raketenstarts vorgesehene [Scaled Composites Stratolaunch](https://de.wikipedia.org/wiki/Scaled_Composites_Stratolaunch).

Das leistungsfähigste Einzeltriebwerk besitzt die zweistrahlige [Boeing 777](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_777)-300 mit 512 kN [Schub](https://de.wikipedia.org/wiki/Schub). Die größte Reichweite ist nur schwer festlegbar, da diese bei jedem Flugzeug durch Einbau zusätzlicher Tanks (im Extremfall bis zum maximalen Startgewicht) erhöht werden kann; die größte Reichweite in Serienversion bietet die Boeing 777-200LR mit 17.446 km. Die größte jemals ohne Nachtanken erzielte Reichweite erreichte die [Voyager](https://de.wikipedia.org/wiki/Scaled_Composites_Voyager) mit 42.212 km.

[Ein Bild, das Kinderkunst, Zeichnung, Entwurf, Kunst enthält.

Automatisch generierte Beschreibung](https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Giant_planes_comparison.svg)Vergleich von Großflugzeugen:  
﻿[Airbus A380](https://de.wikipedia.org/wiki/Airbus_A380), ﻿[Antonow An-225](https://de.wikipedia.org/wiki/Antonow_An-225), ﻿[Boeing 747-8I](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_747#747-8I), ﻿[Hughes H-4](https://de.wikipedia.org/wiki/Hughes_H-4), ﻿[Scaled Composites Stratolaunch](https://de.wikipedia.org/wiki/Scaled_Composites_Stratolaunch)

| **Typ** | **Länge** | **Spannweite** | **Höhe** | **max. Startgewicht** | **Reichweite** | **max. Passagierzahl** | **Schub** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| [A380-800](https://de.wikipedia.org/wiki/A380-800) | 72,7 m | 79,8 m | 24,1 m | 560 t | 15.200 km | **853** | 4×311 kN = 1244 kN |
| [A340-600](https://de.wikipedia.org/wiki/A340-600) | 75,3 m | 63,5 m | 17,3 m | 368 t | 13.900 km | 419 | 4×267 kN = 1088 kN |
| [B747-8i](https://de.wikipedia.org/wiki/B747#747-8) | 76,3 m | 68,5 m | 19,4 m | 448 t | 14.815 km | 605 | 4×296 kN = 1184 kN |
| [B777-300ER](https://de.wikipedia.org/wiki/Boeing_777) | 73,9 m | 64,8 m | 18,6 m | 352 t | 14.600 km | 550 | 2×512 kN = 1024 kN |
| [Hughes H-4](https://de.wikipedia.org/wiki/Hughes_H-4) | 66,7 m | 97,5 m | **25,1 m** | 182 t | 4.800 km | 750 | 8×21,3 kN = 171 kN⁠[1](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#FNZ_1) |
| [Scaled Composites Stratolaunch](https://de.wikipedia.org/wiki/Scaled_Composites_Stratolaunch) | 72,5 m | **117,3 m** | 15,2 m | 590 t | 10.700 m | – | 6×252 kN = 1512 kN |
| [Antonow An-225](https://de.wikipedia.org/wiki/Antonow_An-225) | **84,0 m** | 88,4 m | 18,1 m | **600 t** | **15.400 km** | Frachtflugzeug | 6×230 kN = 1380 kN |

[1](https://de.wikipedia.org/wiki/Flugzeug#FN_1_back)

Zu Vergleichszwecken erfolgt eine Umrechnung [der Leistung in Schubkraft](https://de.wikipedia.org/wiki/Schub#Schub_und_Leistung) anhand der Angabe von 8×2240 kW = 17.920 kW und der projektierten Höchstgeschwindigkeit von 378 km/h (105 m/s). Dies entspricht nicht der erzielten Höchstgeschwindigkeit.