

Der große Technik-Bausatz

# Flugzeugturbine Jet-Engine

Selber bauen, was Boeing,  
Airbus & Co. in die Luft bringt!

Build a scale model of the engineering marvel  
that keeps Boeing, Airbus & Co. in the air!



Erleben Sie Ihr Luftstrahltriebwerk in Aktion – motorisiert und voll funktionstüchtig – und verstehen Sie die Technik, die dahinter steckt!  
63-teiliger Bausatz – mit Klangmodul für den Original-Jet-Sound – mit reich bebildertem Handbuch  
Experience a jet engine in action – with moving parts and sound – and discover its inner workings!

**RANZIS**



# Flugzeugturbine

Das Handbuch

# Einleitung

Flugzeugturbinen wurden in den 1940er-Jahren parallel von deutschen wie britischen Ingenieuren zu militärischen Zwecken entwickelt. Der Grund war, dass Propellerflugzeuge technisch bedingt kaum Geschwindigkeiten jenseits von 700 Stundenkilometern erreichen konnten. Während im zweiten Weltkrieg nur wenige hundert Maschinen mit Turbinen ausgerüstet werden konnten, trat diese Technologie nach dem Krieg ihren weltweiten Triumphzug an.

Bereits in den frühen 1960er-Jahren kam in der zivilen Luftfahrt fast ausschließlich das sogenannte Mantelstromtriebwerk (auch als Turbofan bezeichnet) zum Einsatz, dem auch dieser Bausatz nachempfunden ist. Sein Aufbau ist auf Effizienz bei Fluggeschwindigkeiten getrimmt, die zwischen denen von Propellerflugzeugen (niedrige Geschwindigkeit) und denen von reinen Turbojets (hohe Geschwindigkeit) liegen.

Neben einer Bauanleitung enthält dieses Handbuch informative und unterhaltsame Informationen zu unterschiedlichen Arten von Flugzeugtriebwerken, Flugzeugen und weiteren Aspekten der klassischen und modernen Luftfahrt. Ich wünsche Ihnen viel Freude beim Aufbau und der Inbetriebnahme der Flugzeugturbine und eine kurzweilige Lektüre dieses Handbuchs.

Thomas Riegler im Mai 2017

# Inhalt

Einleitung .....	2
Arten von Strahltriebwerken .....	4
Propeller-, Strahl-, und Raketentriebwerke im Vergleich .....	8
Teile eines Strahltriebwerks .....	13
Turbinen und ihre Einbauorte .....	17
Das Kerosin .....	20
Turbinenhersteller .....	22
Bauanleitung .....	24
Assembly Manual .....	25
Flugzeughersteller .....	34
Berühmte Düsenflugzeuge .....	37
Was bedeuten die Geräusche bei Start und Landung? .....	48
Pioniere der Luftfahrt .....	50
Zukunft der Luftfahrt .....	54

# Arten von Strahltriebwerken

Man unterscheidet zwischen Ein- und Zweistrom-Strahltriebwerken. Letztere werden auch als Mantelstrom-, Bypass- oder Nebenstrom-Triebwerke bezeichnet. Andere Bezeichnungen für diese Art des Luft atmenden Flugzeugantriebs sind Turbinen-Strahltriebwerk oder Turbo-Strahltriebwerk, Gasturbinen-Flugtriebwerk und umgangssprachlich einfach Düsentriebwerk oder Düse.

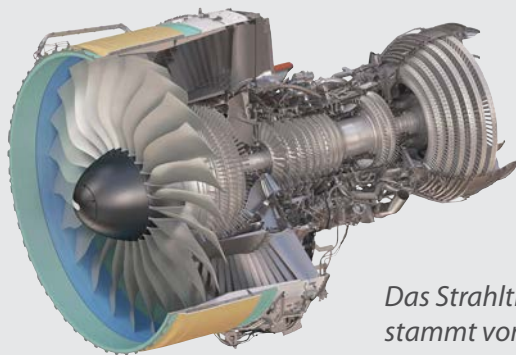
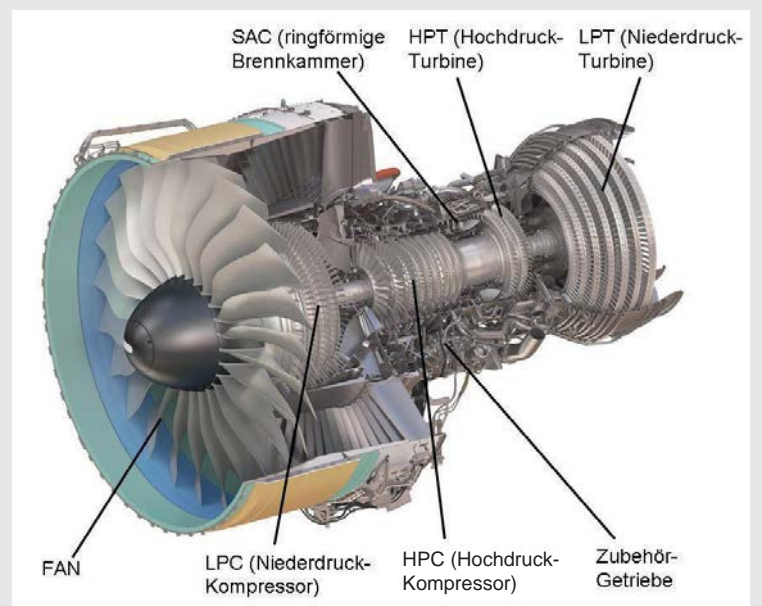
## Einstrom-Strahltriebwerk (Turbojet)

Das ist die einfachste Variante eines Strahltriebwerks. Bei ihm wird die einströmende Luft verdichtet und gelangt dann in die Brennkammern, in die der Kraftstoff (meinst Kerosin) eingespritzt wird. Durch die folgende Verbrennung erhöht sich die Temperatur des Gases, das sich dadurch ausdehnt und nach hinten ausgeleitet

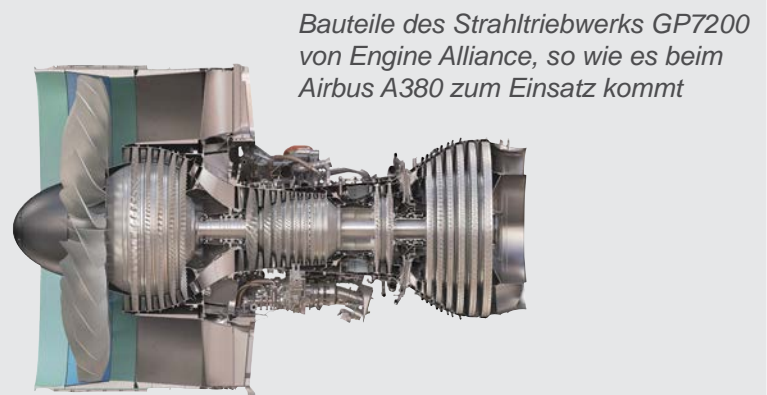
wird. Dabei treibt das Gas durch seine Strömungsenergie eine Turbine an, die auf einer Welle sitzt, die wiederum den Verdichter in Rotation versetzt. Der restliche Teil des heißen Gases tritt durch eine sich verengende Düse, das Strahlrohr, aus und erzeugt mit seiner Rückstoßenergie Schub und damit Vortrieb.

## Aufbau eines Strahltriebwerks

Strahltriebwerke funktionieren vereinfacht gesagt nach dem Prinzip, dass sich erhitzte Luft ausdehnt. Geschieht dies in eine Richtung, wird durch die kinetische Energie Schub und damit Vortrieb erzeugt. Bei einem Turbinen-Strahltriebwerk wird zunächst über große Schaufelräder Luft angesaugt und im Inneren der Turbine weiter verdichtet. In die hinter dem Verdichter angeordneten Brennkammer wird Treibstoff eingespritzt und das Gemisch entzündet. Es erhitzt sich auf rund 1.700 Grad Celsius, dehnt sich dabei stark aus und strömt an der Rückseite mit hoher Geschwindigkeit aus der Turbine. Dabei generiert es Schub und sorgt so für den Vortrieb des Flugzeugs. Man spricht dabei auch von der Rückstoßwirkung des Abgasstrahls.



*Das Strahltriebwerk GP720 stammt vom Hersteller Engine Alliance*



*Bauteile des Strahltriebwerks GP720 von Engine Alliance, so wie es beim Airbus A380 zum Einsatz kommt*

## Turbojet-Triebwerk ohne Nachbrenner

Diese einfache Art des Strahltriebwerks kam vor allem bei Militärmaschinen zum Einsatz. Die letzten Triebwerke dieses Typs wurden um 2006 gebaut. Sie sind leicht zu warten und preiswert. Nachteile: ein hoher Treibstoff-Verbrauch und eine große Lärmentwicklung.

## Turbojet-Triebwerk mit Nachbrenner

Diese besonders leistungsfähigen Einstrom-Strahltriebwerke gelten seit Langem als Standardantrieb für Kampfflugzeuge und werden ausschließlich im militärischen Bereich verwendet. Bei dieser Art Turbojet-Triebwerk sitzt hinter der Turbine ein Nachbrenner, in den zusätzlicher Treibstoff eingespritzt wird, was für zusätzlichen Schub sorgt. Erst mit Hilfe von Nachbrennern können Flugzeuge mehrfache Schallgeschwindigkeit erreichen. Das letzte zivile Flugzeug, bei dem dieser Strahltriebwerkstyp eingebaut wurde, war die Concorde.



*Turbojet-Strahltriebwerk*

## Mantelstrom-Strahltriebwerk (Turbofan)

Das Mantelstrom-Triebwerk wird auch als Turbofan bezeichnet. Es ist die heute vorherrschende Form des Strahltriebwerks und allgemeiner Standard in der zivilen Luftfahrt. Dieses Triebwerk saugt am Einlass mit Hilfe des großen Schaufelrads (dem Fan, engl. für Gebläse) Luft an, die dabei beschleunigt wird. Der Fan sitzt auf einer gemeinsamen Welle mit der hinteren Turbinenstufe und wird von dieser angetrieben. Hinter dem Fan teilt sich der Luftstrom und wird zum einen in den Verdichter und von dort in die Brennkammern geleitet, zum anderen außen um das Kerntriebwerk herum. Das ist der Mantelstrom. Er mischt sich am Ende des Triebwerks mit der heißen Luft aus der Düse und trägt in zivilen Flugzeugen mit bis zu 90 Prozent zur Gesamt-Schubkraft bei. Zudem dämpft der kühle Mantelstrom die heißen Turbinengase und sorgt so für eine deutliche Lärmreduzierung. Außerdem hat ein Mantelstrom-Strahltriebwerk einen besseren Wirkungsgrad als ein reiner Turbojet und verbraucht dadurch weniger Treibstoff. Da der Fan und der Verdichter unterschiedliche Drehzahlen erfordern, werden sie zumeist von zwei verschiedenen Wellen angetrieben: die Schaufelräder des Fans von einer axialen innen liegenden Niederdruckwelle der hinteren Turbinenstufe, der Verdichter von einer axialen Hochdruck-Hohlwelle der vorderen Gasturbine.



Teilweise demontiertes Turbofan-Triebwerk des Typs PW1100G-JM von Pratt & Whitney

## Das größte Düsentriebwerk der Welt

Das größte und leistungsfähigste Strahltriebwerk der Welt trägt die Typenbezeichnung GE90-115B und stammt vom US-amerikanischen Hersteller GE Aviation. Es hat eine Länge von 7,290 Metern, einen Durchmesser von 3,429 Metern und eine Masse von 8,28 Tonnen. Das Turbofan-Triebwerk liefert eine Schubkraft von bis zu 569 kN. Seine für den Flugbetrieb zugelassene maximale Schubkraft liegt bei 513 kN. Die Luftverdichtung im Triebwerk erfolgt durch vier Nieder- und neun Hochdruckverdichter. Im Inneren des Stahltriebwerks arbeiten zudem zwei Hoch- und sechs Niederdruckturbinen.



*Vor der Montage an einer Boeing 777 wird das Strahltriebwerk GE90-115B gemeinsam mit Technikern von Boeing und General Electric ersten Betriebstests unterzogen*

## Turbofan-Triebwerk mit Nachbrenner

Das Turbofan-Triebwerk mit Nachbrenner ist eine Lösung für Kampfflugzeuge, die im Überschallbereich unterwegs sind. Bei ihm wird nur relativ wenig kühle Luft als Mantelstrom um das Kerntriebwerk geleitet. Man spricht von einem geringen Nebenstromverhältnis. Der Mantelstrom wird zudem zur Nachbrenner-Kühlung genutzt.



*Pratt & Whitney F119 Turbofan mit Nachbrenner im Testbetrieb*



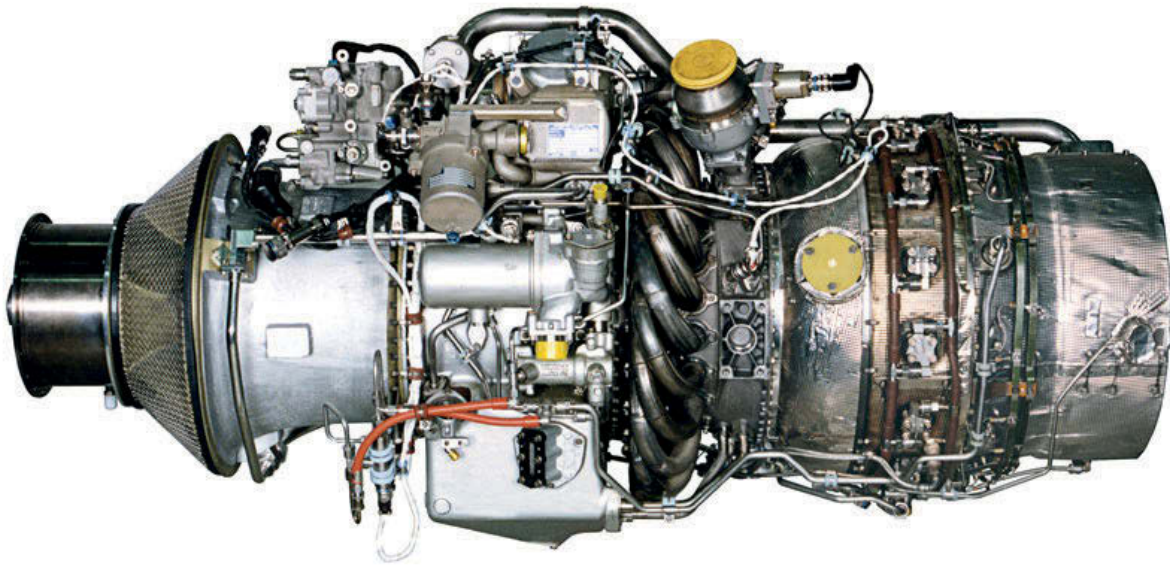
*Die russische MiG-21 ist ein typischer Vertreter eines Kampfflugzeugs mit Turbojet-Antrieb*



## Propellerturbine (Turboprop)

Bei Turboprop-Triebwerken treibt die Turbine einen Propeller an. Etwa 90 Prozent der erzeugten Schubkraft werden dabei vom Propeller erzeugt. Der Rest an Schubkraft entsteht durch die nach hinten aus der Turbine ausgestoßenen Abgase. Die Antriebsenergie für die Luftschaube, den Propeller, wird von einer Gasturbine über eine Welle geliefert. Die angesaugte Luft wird wie bei einem Strahltriebwerk in einem Kompressor verdichtet und in der Brennkammer mit dem Treibstoff verbrannt. Das

heiße Verbrennungsgas strömt nach hinten und treibt die Turbine an. Auch der Turboprop-Antrieb arbeitet mit zwei Wellen (für Verdichter und Propeller) oder mit einer Welle und einem Untersetzungsgetriebe für den Propeller. Turboprop-Maschinen haben einen geringen Treibstoffverbrauch und sind im Kurzstreckenverkehr und bei mittleren Flughöhen bis rund 8000 Meter besonders wirtschaftlich zu betreiben. Ihre Reisegeschwindigkeit liegt bei 500 bis 700 km/h.



*Turboprop-Triebwerk vom Typ PW127-TS von Pratt & Whitney*



*Das Trainingsflugzeug Pilatus PC-12 wird von einem Turboprop-Triebwerk angetrieben  
Bild: Pilatus Aircraft Ltd*

## Bildnachweis

**Airbus:** 9 m. r., 9 u. r., 18 o., 18 u., 19 u. l., 22 r., 23 l., 23 u., 34 l., 34 r., 35 o., 46 r., 47 r., 55 o., 55 u. **Boeing:** 6 l., 16 o., 40 l., 45 r., 47 l.; Library of Congress: 51 u. **Engine Alliance:** 4; **Eurofighter:** 46 l.; **Imago:** Arkivi 9 u. l., United Archives International: 10 u., 39 l., 52 o. **Lockheed Martin:** 11, 36 r. **Northrop Grumman:** 45 l. **OAC:** 44 l. **Pilatus Aircraft Ltd:** 7 u. **Pratt & Whitney:** 5 u., 7 o. **Safran:** 9 o. r., 10 o., 12 o., 12 u., 13 l., 13 o. 13 u., 14 l., 14 o., 15 o. 15 u., 16 u., 23 r. **Shutterstock:** an131313: 20; Cholakov: 17 u.; O. Coskun: 21; chrisdorney: 52 u.; Everett Historical: 50 l., 50 r.; Fotoluminate LLC: 9 o.l.; U. Hässler: 40 N. Glado: 48; r.; InsectWorld: 19 u., 37 r.; I. Karasi 49 l.; A. Khachatryan: 42 l., 43 r.; M. Muchslocher: 22 l.; ra3m: 6 u.; L. Radin 53; N. Murmakova: 44 r.; Senohrabek 41 r.; Shatilov: 5 o.; Simon\_g: 9 m.l.; D. Steen 8; V. Vasilis: 35 u.; C. Wunderlin: 12 r.; S. Yotov 36 l.; IanC66: 39 r.; A. Zavadskis: 49 r. **Wikimedia:** J. Dahl: 14 u.; I. Dunster: 17 o.; Garitzko: 19 o.; V. Gribayedoff: 51 o.; D. Mottl: 42 r. (Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International); NASA: 38 r., 41 l.; Noop1958: 38l.; Unbekannter Autor: 6 o., 37 l.

## Impressum

© 2017 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2, 85540 Haar bei München  
Innovationen, Irrtümer und Druckfehler vorbehalten. 2017/01

[www.elo-web.de](http://www.elo-web.de)


Bausatz und Bauanleitung: © Haynes Publishing  
Autor: Thomas Riegler  
Redaktion: SCOUTSOURCE.de COMMUNICATION  
Copy Editor: Claudia Fliedner  
Coverdesign: [www.ideehoch2.de](http://www.ideehoch2.de)  
Satz: G&U Language & Publishing Services GmbH  
ISBN 978-3-645-67002-1

Alle Rechte vorbehalten, auch die der fotomechanischen Wiedergabe und der Speicherung in elektronischen Medien. Das Erstellen und Verbreiten von Kopien auf Papier, auf Datenträger oder im Internet, insbesondere als PDF, ist nur mit ausdrücklicher Genehmigung des Verlags gestattet und wird widrigenfalls strafrechtlich verfolgt.

Die meisten Produktbezeichnungen sowie Firmennamen und Firmenlogos, die in diesem Werk genannt werden, sind in der Regel gleichzeitig auch eingetragene Warenzeichen und sollten als solche betrachtet werden. Der Verlag folgt bei den Produktbezeichnungen im Wesentlichen den Schreibweisen der Hersteller.

Alle in diesem Buch vorgestellten Bauanleitungen und Tipps wurden mit der größtmöglichen Sorgfalt entwickelt, geprüft und getestet. Trotzdem können Fehler im Buch und im Bausatz nicht vollständig ausgeschlossen werden. Verlag und Autor haften in Fällen des Vorsatzes oder der groben Fahrlässigkeit nach den gesetzlichen Bestimmungen. Im Übrigen haften Verlag und Autor nur nach dem Produkthaftungsgesetz wegen der Verletzung des Lebens, des Körpers oder der Gesundheit oder wegen der schuldhaften Verletzung wesentlicher Vertragspflichten. Der Schadensersatzanspruch für die Verletzung wesentlicher Vertragspflichten ist auf den vertragstypischen, vorhersehbaren Schaden begrenzt, soweit nicht ein Fall der zwingenden Haftung nach dem Produkthaftungsgesetz gegeben ist.

Liebe Kunden!

 Dieses Produkt wurde in Übereinstimmung mit den geltenden europäischen Richtlinien hergestellt und trägt daher das CE-Zeichen. Der bestimmungsgemäße Gebrauch ist in der beiliegenden Anleitung beschrieben. Bei jeder anderen Nutzung oder Veränderung des Produktes sind allein Sie für die Einhaltung der geltenden Regeln verantwortlich. Bauen Sie das Produkt deshalb genau so auf, wie es in der Anleitung beschrieben wird. Das Produkt darf nur zusammen mit der Anleitung und diesem Hinweis weitergegeben werden.



Das Symbol der durchkreuzten Mülltonne bedeutet, dass dieses Produkt getrennt vom Hausmüll als Elektroschrott dem Recycling zugeführt werden muss. Wo Sie die nächstgelegene kostenlose Annahmestelle finden, sagt Ihnen Ihre kommunale Verwaltung.

Der große Technik-Bausatz

# Flugzeugturbine Jet-Engine

Verstehen und erleben Sie die Funktionsweise von Luftstrahltriebwerken – Meisterwerke der Ingenieurskunst, die unsere Welt näher zusammengebracht und die Art, wie wir heute reisen und wirtschaften, revolutioniert haben. Mit diesem Paket bauen Sie in rund zwei Stunden das transparente Funktionsmodell einer Flugzeugturbine. Das ist Faszination Technik hautnah!

Discover the inner workings of a jet engine – a masterpiece of engineering that has helped shape the world as we know it. Today, international and long distance travel would be unthinkable without this groundbreaking invention. With this kit you'll assemble a moving scale model of a jet engine in around two hours. Discover the fascinating world of aeronautical engineering with the whole family.



Jet engine designed and developed by John Anson

Zusätzlich erforderlich: 3 x 1,5-V-Batterien (Typ AA)  
Additionally required: 3 x 1.5 V batteries (AA)

Mehr Franzis-Produkte im Internet: [www.franzis.de](http://www.franzis.de)  
More Franzis products online: [www.franzis.de](http://www.franzis.de)

© 2017 Franzis Verlag GmbH, Richard-Reitzner-Allee 2, D-85540 Haar, Germany  
Innovationen, Irrtümer und Druckfehler vorbehalten.  
Subject to innovation, errors and printing errors. 2017/01



## Das Handbuch

Das umfassende Begleitbuch bietet jede Menge ansprechend aufbereitetes Wissen zu Düsentriebwerken und Strahlflugzeugen. Die technische Funktionsweise wird erlebbar und die Entwicklungsgeschichte von den ersten Turbinen bis zu den Hochleistungstriebwerken moderner Düsenjets unterhaltsam vermittelt. Zeigen Sie, dass ein Ingenieur in Ihnen steckt, und legen Sie los! Mit der ausführlichen Schritt-für-Schritt-Anleitung bauen Sie Ihr Düsentriebwerk für Ihre Werkstatt, Ihren Schreibtisch oder Ihr Wohnzimmer.

## Manual

This comprehensive guide provides plenty of information and fun facts about jet engines and jet aircraft. The technical concepts and the history of development from the first jet engines to the high performance turbines of today are described in vivid detail. Awaken your inner engineer and get building! The detailed step-by-step instructions help you build your own jet engine model for the workshop, office or living room.

## Der Bausatz

Mit über 60 Teilen bauen Sie ein detailliertes Modell einer Turbine, in dem sich alle Komponenten wie beim großen Vorbild bewegen. Die Bauteile lassen sich einfach zusammenstecken und -schrauben – ganz ohne Kleber.

## Construction Kit

Build a replica jet engine with more than 60 parts and transparent side to reveal its inner workings. All major engine parts move realistically. No glue needed – components screw together.

This is not a toy! Not suitable for children under 14 years.

Für Kinder unter 14 Jahren nicht geeignet!

