

# Technologie Luftfahrt

---

*material*

Luftfahrt bezeichnet die Gesamtheit aller mit der Nutzung des Luftraums durch Luftfahrzeuge zusammenhängenden Tätigkeiten, Einrichtungen und Techniken. Beispiele für Luftfahrzeuge sind Heißluftballone, Drehflügler (Hubschrauber), Luftschiffe und Gleitschirme. Der Transport von Personen und Gütern ist der Hauptaspekt der zivilen sowie militärischen Luftfahrt.

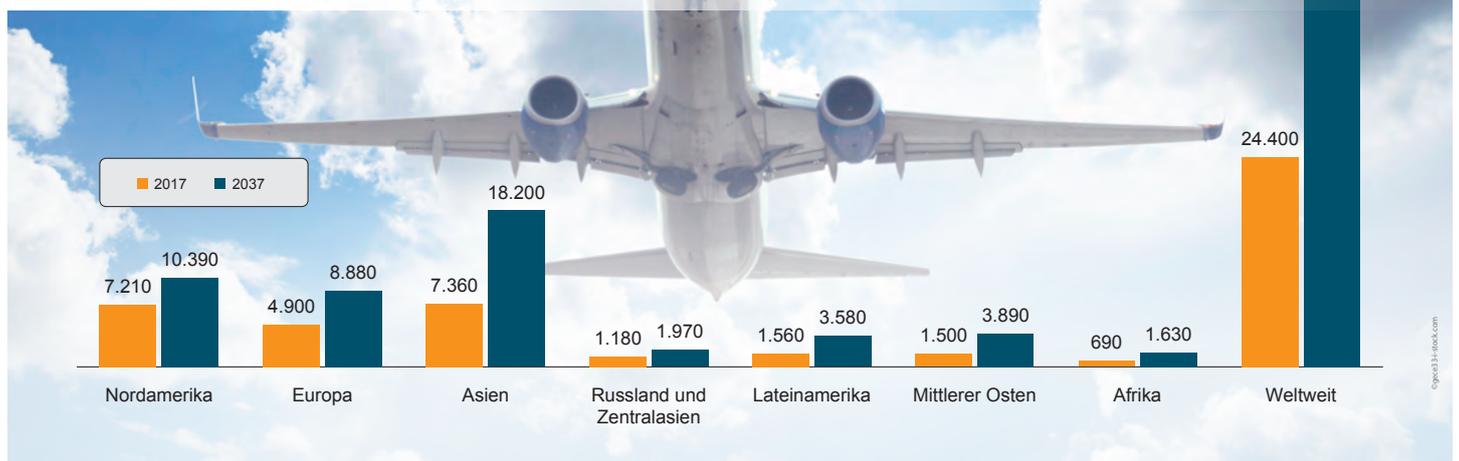
Im zivilen Luftverkehr werden hauptsächlich Flugzeuge eingesetzt. Bautechnisch kann ein Flugzeug allgemein in drei Hauptbaugruppen unterteilt werden: Flugwerk, Triebwerk, Flugzeugsysteme.



Für die kommenden zwei Jahrzehnte rechnet der Flugzeughersteller Boeing mit einem globalen Wirtschaftswachstum von 2,8 Prozent pro Jahr und daraus folgend einem jährlichen Anstieg des Passagier- und des Frachtluftverkehrs um jeweils 4,2 Prozent.

Die gesamte weltweite Flugzeugflotte wird sich diesen Schätzungen zufolge bis 2037 von 24.400 Stück auf 48.540 fast verdoppeln.

## Größe der weltweiten Flugzeugflotten in 2017 und 2037 nach Regionen.



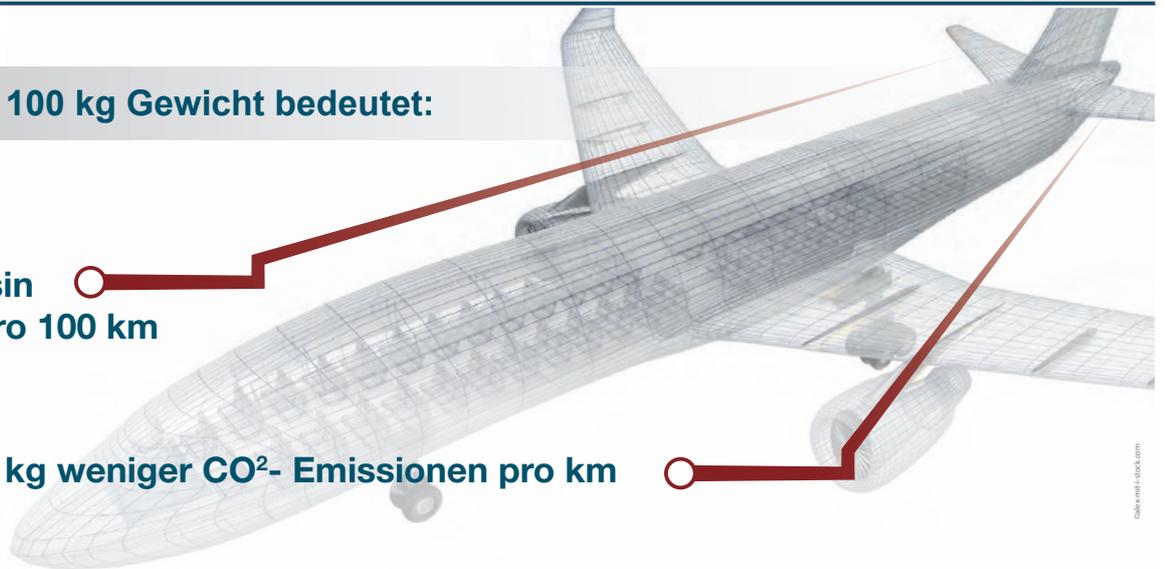
Das Flugwerk (Rumpfwerk, Tragwerk, Leitwerk, Steuerwerk und Fahrwerk) bietet dem Flugzeug als die einhüllende Struktur eine relative Festigkeit. Vornehmlich soll es dem Flugzeug Auftrieb liefern.

Durch den verstärkten Einsatz von Leichtbaukonstruktionen, neuen Leichtbaumaterialien und Hightech-Werkstoffen soll die Flugzeugmasse reduziert und somit der Kraftstoffverbrauch und die Umweltwirkungen während der Nutzungsphase verringert werden.

## Reduktion von 100 kg Gewicht bedeutet:

5,5 l Kerosin  
weniger pro 100 km

14 kg weniger CO<sup>2</sup>- Emissionen pro km

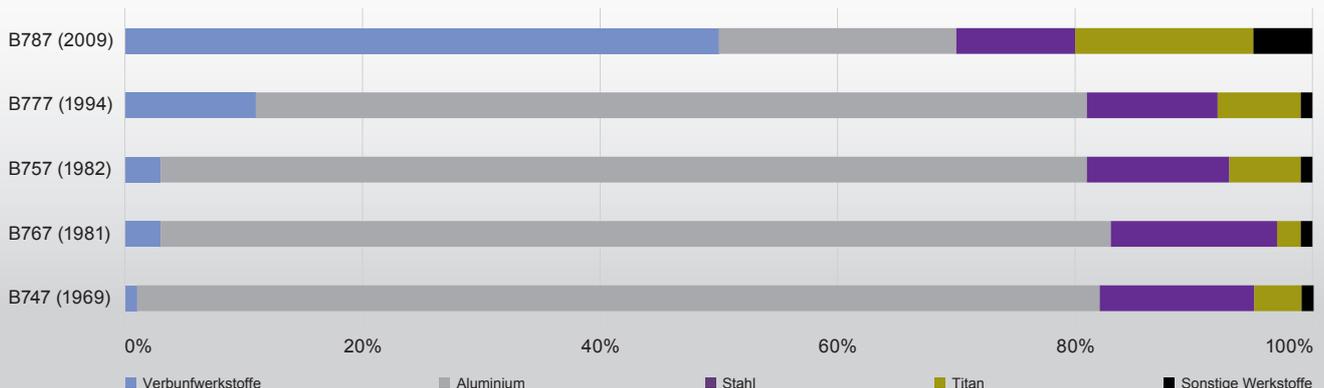


## Leichtbau im Flugwerk

Hochleistungs-Aluminium-Legierungen bleiben weiterhin ein wichtiger Bestandteil im Flugzeugrahmenbau, verlieren aber ihre eindeutige Dominanz durch die vermehrt eingesetzten Verbundwerkstoffe, wobei es sich hauptsächlich um kohlenstoffaserverstärkte Kunststoffe (CFK) handelt.

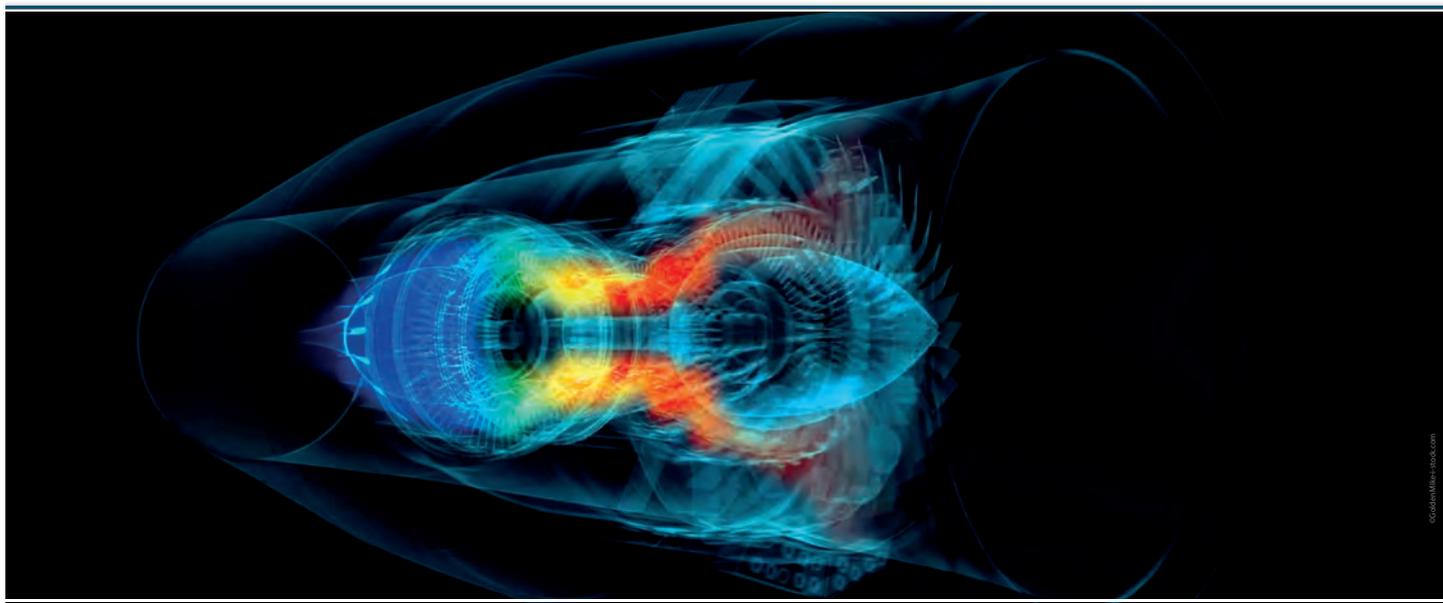
Die Entwicklung der Materialzusammensetzung wird am Beispiel einiger Flugzeugmodelle von Boeing in der Graphik deutlich. In Klammern ist das Jahr des Erstflugs angegeben.

**Bei einer Boeing 787 besteht die Hälfte des Flugwerks aus Verbundwerkstoffen um Gewicht einzusparen.**



Für den erforderlichen Schub zur Überwindung des Luftwiderstandes und damit einen anhaltenden Horizontalflug ist ein Triebwerk notwendig. Durch ihr niedriges Leistungsgewicht (Masse/Leistungs-Verhältnis) im Vergleich zu anderen Verbrennungsmotoren eignen sich Gasturbinen sehr gut für Anwendungen im Luftfahrtbereich, da das Gesamtgewicht des Fluggeräts verringert und die Flugleistung gesteigert beziehungsweise Treibstoff eingespart wird.

Um den extremen Temperaturschwankungen standzuhalten, müssen die Materialien besondere Eigenschaften aufweisen, um in den Gasturbinen verbaut werden zu können.

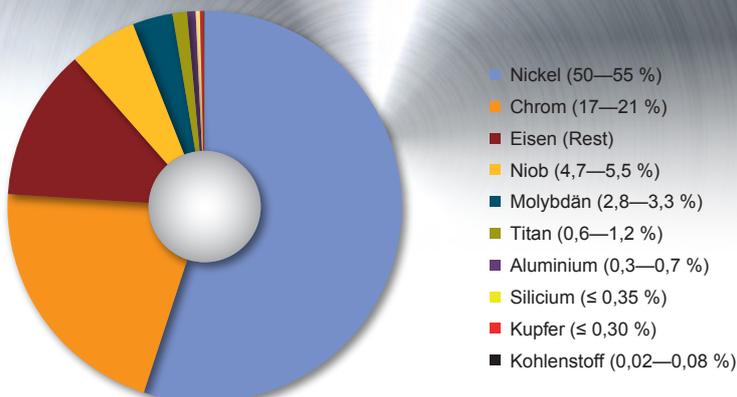


## Superlegierungen

Superlegierungen besitzen einzigartige Eigenschaften, die sie für den heißen Abschnitt von Gasturbinentriebwerken in kommerziellen und militärischen Flugzeugen unersetzlich machen: sehr hohe Schmelztemperaturen, hohe Festigkeit und beträchtliche Verschleißfestigkeit in korrosiver und oxidierender Umgebung.

Die Zusammensetzung von Superlegierungen ist komplex und kann je nach Anwendung folgende Metalle als Basis beinhalten: Eisen, Nickel, Platin, Chrom oder Kobalt. Wirtschaftlich am bedeutendsten sind die Nickelbasislegierungen.

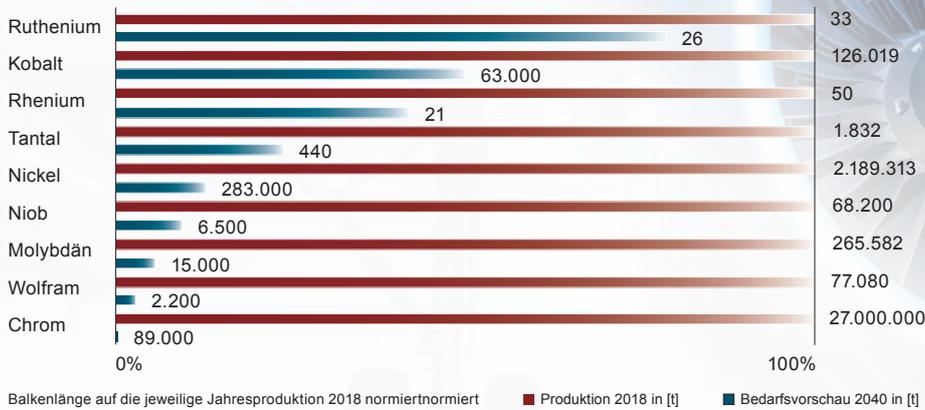
### Beispiel für die Zusammensetzung einer warmfesten Nickelbasislegierung:



Betrachtet man die globale Produktion der für Superlegierungen bedeutenden Metalle und den Rohstoffbedarf im Jahr 2040, ergeben sich potenziell kritische Bedarfe bei Ruthenium, Kobalt und Rhenium.

Da Superlegierungen u.a. in großen Turbinen eingesetzt werden und ihre Zusammensetzung in der Regel bekannt ist, werden sie hochwertig recycelt. Es wird kontinuierlich versucht, potentiell kritische Rohstoffe zu substituieren.

## Globale Produktion und Rohstoffbedarf für Superlegierungen in t

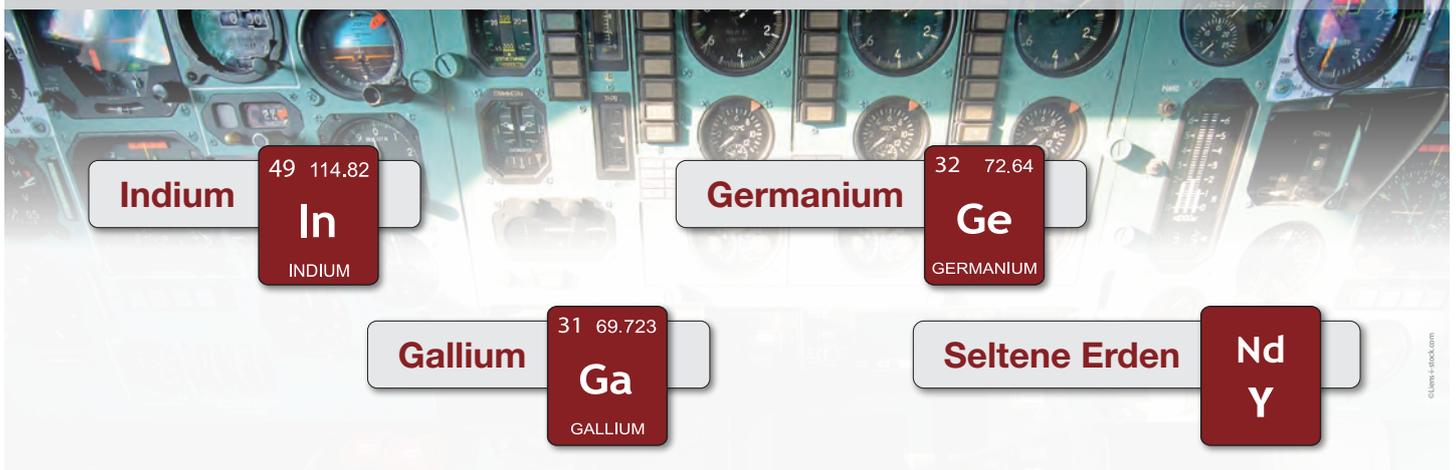


## Flugzeugsysteme

Flugzeugsysteme teilen sich auf in Komponenten zur Überwachung von Fluglage, Flug- und Triebwerkszustand, zur Navigation, zur Kommunikation, Versorgung, Warnung und Sicherheit. Steuercomputer und Überwachungssysteme geben Informationen über die Fluglage, den Triebwerkszustand und das Versorgungssystem. Über Kommunikationssysteme ist das Flugzeug ständig mit einer Kontrollstation über Funk am Boden verbunden.

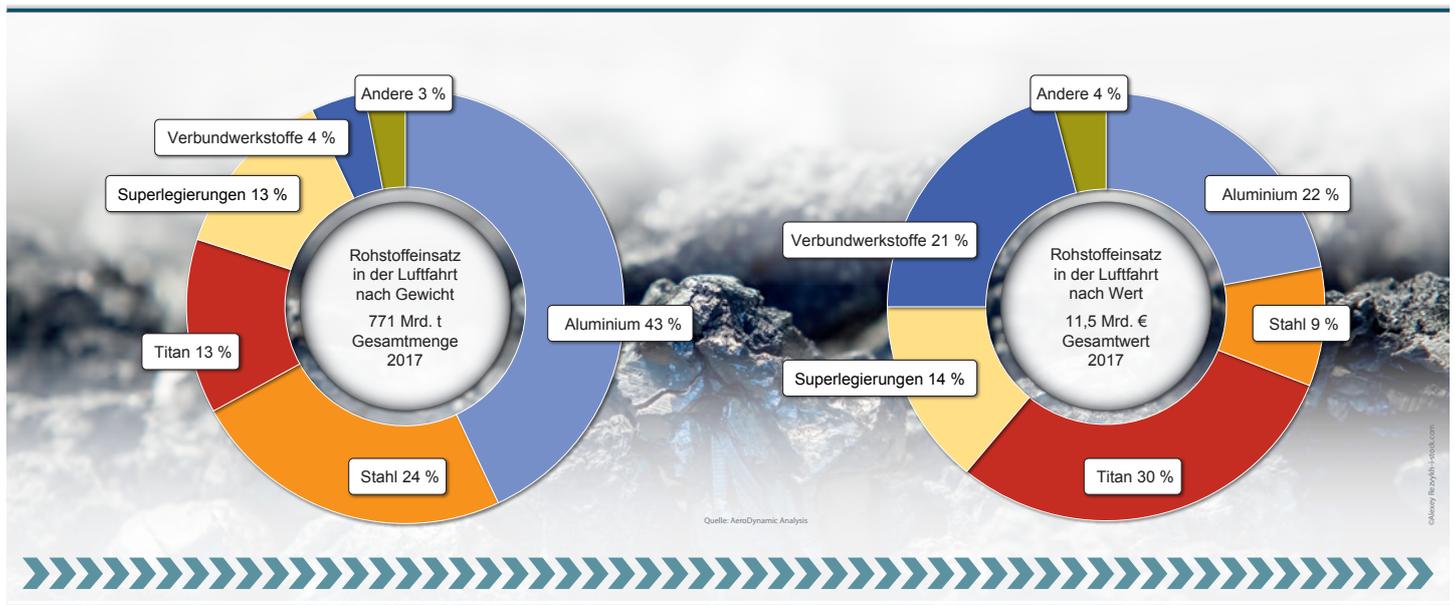
Wichtige Elektronikmetalle für Flugzeugsysteme sind u. a. Indium, Gallium, Germanium und Seltene Erden wie zum Beispiel Neodym und Yttrium.

## Wichtige Elektronikmetalle für Flugzeugsysteme



Wegen ihres geringen Gewichtes und dabei hoher Festigkeit werden Verbundwerkstoffe zunehmend in der Luftfahrt eingesetzt. Ihr Gewicht macht nur 4 % der gesamten Rohstoffe aus. Dafür macht sich der hohe Preis mit 21 % des Wertes aller eingesetzten Rohstoffe bemerkbar.

Bei Titan ergibt sich ein ähnliches Bild. Genau umgekehrt verhält es sich bei Stahl, der 24 % des Gewichtes ausmacht aber nur 9 % des Preises.



## Kontakt

Deutsche Rohstoffagentur (DERA) in der  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR)

Wilhelmstraße 25 – 30  
13593 Berlin

Tel.: +49 30 36993 226

E-Mail: [dera@bgr.de](mailto:dera@bgr.de)

Web: [www.deutsche-rohstoffagentur.de](http://www.deutsche-rohstoffagentur.de)