

Dr. Manfred Peter
20.10.2020

Überlegungen zu einer Aviation Kow How Veranstaltung zum Thema „Leisere Flugzeuge durch Änderung der Bauart“

Im Zuge eines Gesprächs mit dem GF des Dialogforums, DI Wolfgang Hesina, entstand die Idee zu einer Veranstaltung zu diesem Thema. Ausgangspunkt zu dieser Überlegung waren die anhaltenden Prognosen aus der Flugwirtschaft, dass 2024 bis 2027 die Flugbewegungszahlen des Jahres 2019 wieder erreicht sein würden und von da aus mit weiterem Wachstum gerechnet wird. Wenn das eintritt, sind die Probleme mit dem Fluglärm wieder gegenwärtig.

Sich mit diesem Thema auseinanderzusetzen, ist auch deshalb interessant, weil sich die EU das ehrgeizige Ziel gesetzt hat, neue Flugzeuge bis 2050 um 65% oder 15 Dezibel leiser zu machen. Das ist in einer Veröffentlichung von „[FP – das Fluglärmportal](#)“ nachzulesen. (1) Dieses Ziel hat der europäische Luftfahrtforschungsbeirat (ACARE) in seinem Strategiepapier Flightpath 2050 ausgegeben. Das Gremium besteht aus Vertretern der Europäischen Kommission, den relevanten europäischen Hochschul- und Großforschungseinrichtungen sowie der europäischen Luftfahrtindustrie.

Da die Akzeptanz des Flugverkehrs durch die die Flughäfen umgebende Wohnbevölkerung nicht unmaßgeblich von der Fluglärmbelastung abhängt, scheint es nicht uninteressant, sich mit bauseitigen Möglichkeiten, die Flugzeuge leiser zu machen, auseinanderzusetzen. Bei dieser Vorstudie werden Studien zu großen elektrisch angetriebenen Flugzeugen, egal ob batterieelektrisch oder mittels Brennstoffzelle, außer Acht gelassen. Die technische Weiterentwicklung der Jet-Triebwerke zu weniger Lärmemission wird nur gestreift. Der Schwerpunkt dieses Papiers liegt bei der Frage, ob eine Veränderung der Positionierung der Triebwerke einen maßgeblichen Beitrag zur Lärminderung der Flugzeuge leisten kann.



Die Ausgangsthese lautet: Die Passagierflugzeuge der heute üblichen Bauart, wie auf obigem Bild zu sehen, sind eine schalltechnische Fehlkonstruktion. Die Triebwerke hängen unter den Tragflächen. Dadurch werden diese zu Schallschutzwänden nach oben und zu Schallprallwänden nach unten. Es sollte umgekehrt sein. Die Triebwerke sollten über den Tragflächen positioniert sein. Dadurch würden diese zu mitgeführten Schallprallwänden nach oben und Schallschutzwänden nach unten.

Es gibt solch Flugzeuge, wie das folgende Bild zeigt, doch warum nur so wenige?



In dem Text „[Warum hängen die Triebwerke eigentlich meistens unter dem Flügel?](#)“ vom 18. Nov. 2016 (2) geht der Autor der in der Überschrift gestellten Frage nach. Er meint, dass diese Frage in erster Linie der Flugzeughersteller entscheidet. Dabei sind die Subfragen, was will der Kunde, was können die Zulieferer bauen, womit hat der Flugzeugbauer Erfahrung von ausschlaggebender Bedeutung. Die Anbringung der Triebwerke unter den Tragflächen hat sich zur meistverwendeten Variante entwickelt. Sie bietet für Kontrolle und Wartung am Boden die Vorteile der leichten Erreichbarkeit. Weitere Vorteile sind, dass die Lärmbelastung der Fahrgastkabine durch den Flügel gemindert wird, der Schub axial gesehen in der Nähe des Schwerpunkts angreift und die Integrierung der Triebwerke in die Struktur des Luftfahrzeugs einfach und sinnvoll ist. Dadurch ist wohl auch ein Gewöhnungseffekt eingetreten. Bei manchen Flugzeugtypen, wie etwa der Boeing 737 MAX hat sich die sehr große Bodennähe der Triebwerke auch als Problem herausgestellt. Im Flugbetrieb hat diese Triebwerkspositionierung auch Nachteile. Etwa dadurch, dass die Triebwerke in der Anströmung des Flügels hängen oder durch den Giermoment bei einem Triebwerksausfall.

Auf die Positionierung der Triebwerke am Heck wird hier nicht weiter eingegangen, weil sie schalltechnisch keinen nennenswerten Unterschied zur Positionierung unter den Tragflächen bietet. Auf eine Anbringung der Triebwerke über den Tragflächen wird in diesem Papier nicht gesondert eingegangen.

Auf diese Frage wird in einer wissenschaftlichen Arbeit von Mark Endesfelder an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Hamburg aus dem Jahr 2005 unter dem Titel „[Triebwerksintegration](#)“ eingegangen. (3) In dieser Arbeit werden verschiedene Methoden der Anbringung beleuchtet, sowie verschiedenen Lösungsmethoden gegenübergestellt. Im Einzelnen werden Aufgaben wie Triebwerksanordnungen oder Lärminderungsmaßnahmen bearbeitet, aber auch sekundäre Themen, z.B. Baugruppen von Triebwerken und deren Einfluss auf die Integration.

Ab Seite 31 wird auf die Anordnung der Triebwerke bei Strahlflugzeugen eingegangen. Ab Seite 63 wird in dem Unterkapitel 6.1.1 auf die Frage Unter-/Überflügelpositionierung eingegangen. Ab Seite 83 wird im Kapitel 9 der Frage des Triebwerkslärms nachgegangen. Im Unterkapitel 9.4 ab Seite 92 geht es um Lärm aufgrund der Triebwerksanordnung. Die Abbildung 9.8 auf Seite 93 zeigt die Abschirmungseffekte einer Triebwerksanordnung über den Tragflächen.

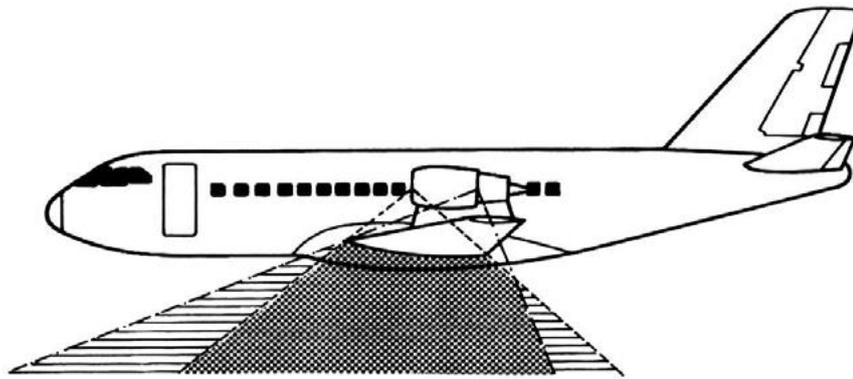
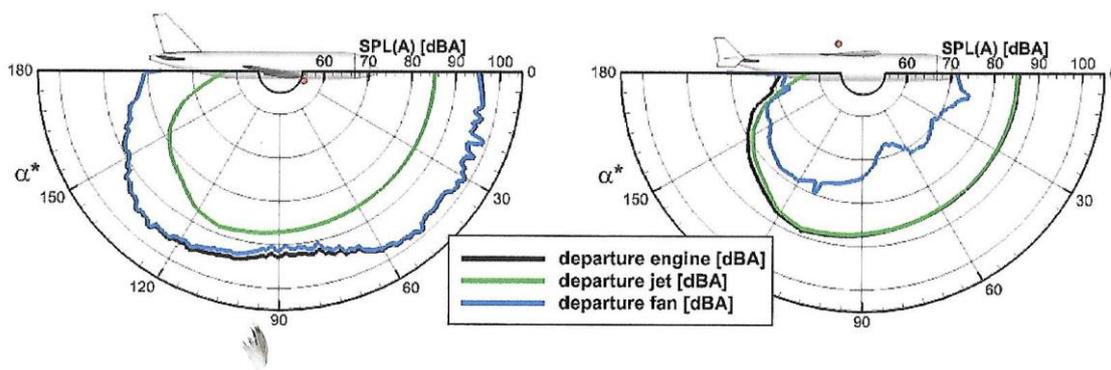


Bild 9.8 Abschirmung des Triebwerkslärms bei einer Überflügelanordnung, **VFW 614** (VFW 1977)

Aerodynamische oder sonstige flugtechnische Nachteile einer Triebwerkspositionierung über den Tragflächen gehen aus dieser Arbeit nicht hervor. Im Rahmen einer Veranstaltung sollte geklärt werden, ob es Daten zur Wirkung der Lärmabschirmung durch die Tragflächen gibt. Auch stellt sich die Frage, ob angesichts des eingangs dargestellten EU Ziels einer erheblichen Lärminderung der Flugzeuge eine Triebwerksanordnung über den Tragflächen nicht ernsthaft untersucht und angegangen werden sollte, vielleicht sogar unverzichtbar ist.

Die folgenden Grafiken zeigen eine vergleichende Darstellung der Lärmausbreitung abhängig von der Positionierung der Triebwerke (4):



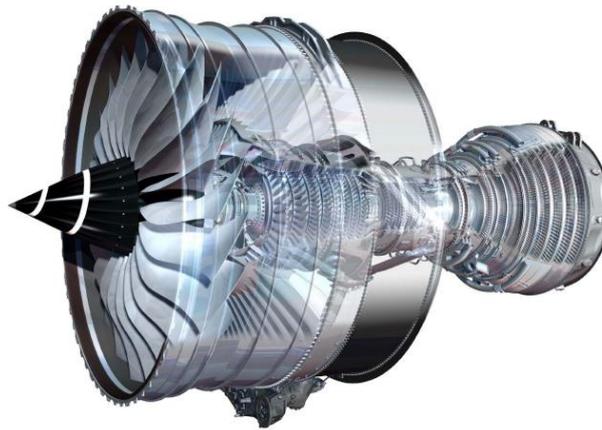
(Quelle: <https://www.nlr.org/ceas-asc-2018-workshop/>)

Die Triebwerke sind die Hauptlärmquelle an Flugzeugen. Auch wenn in den letzten Jahrzehnten schon große Fortschritte bei der Reduktion der Lärmemission der Triebwerke erzielt wurden, geht die Forschung und Entwicklung auch auf diesem Sektor weiter.

Wie in einer weiteren Veröffentlichung von FP – das Fluglärmportal „[weniger Lärm an den Triebwerken](#)“ (5) ausgeführt wird, wurden die Triebwerke seit den 50-iger Jahren bis heute um 88% oder 30 dB leiser. Ein Ansatz bei dieser Entwicklungstätigkeit ist das Nebenstromverhältnis der Triebwerke immer mehr zu erhöhen, also das Verhältnis des kalten und verhältnismäßig langsamen Nebenstroms zum heißen und stark beschleunigten Abgasstrahl der Brennkammer. Denn mit steigendem Nebenstromverhältnis wird die Schallemission drastisch reduziert. Ein weiterer Ansatz sind die Trent-Triebwerke, bei denen Nieder-, Mittel- und Hochdrucksystem sind jeweils auf eigener Welle angebracht sind

Weniger Fluglärm durch Trent-Triebwerke

Nieder-, Mittel- und Hochdrucksystem sind jeweils auf eigener Welle angebracht



Quelle: Rolls-Royce

Auch das Joint Venture CFM International baut mit dem LEAP-Triebwerk ein gegenüber seinem Vorgänger CFM56 deutlich leiseres Triebwerk. Bei diesem Modell wird das Nebenstromverhältnis wesentlich erhöht, womit die beim Start verursachten Lärmteppiche um bis zu 75 Prozent reduziert werden können.

Lärm entsteht nicht nur innerhalb der Triebwerke, sondern auch, wenn der heiße Abgasstrahl und der vom Fan beschleunigte Nebenstrom auf die kühlere Umgebungsluft treffen. Um den Nebenstrom besser mit der Umgebungsluft zu vermischen, haben Ingenieure bei den s.g. Chevron-Düsen sägezahnartige Austrittskanten an den Triebwerken entwickelt. So werden entstehende Turbulenzen minimiert und Lärmemissionen gesenkt.

Triebwerke strahlen Lärm nicht nur nach hinten, sondern zu einem Drittel auch nach vorne ab. Ursache hierfür sind unter anderem die Kanten am Einlass der Triebwerke. Dort entstehen Luftverwirbelungen, die am Boden als Lärm wahrgenommen werden. Um diese Geräuschquelle leiser zu machen, kann man den Lufteinlass der Triebwerke lückenlos mit einem neuen wabenartigen Material auskleiden.

Im Abschlussbericht des Forschungsverbundes „Leiser Verkehr – Bereich 5000, leises Verkehrsflugzeug“ wird das Thema „[Neuartige aktive/passive Systeme zur Geräuschminderung an Triebwerken – NaSGeT](#)“ aus dem Jahr 2009 umfassend abgehandelt. (6) Dazu gibt es neue Erkenntnisse und Versuche, die [Gegenschall mittels eingeblasener Druckluft erzeugen](#). (7)

Doch nicht nur die Triebwerke verursachen Lärm am Flugzeug. Es gibt auch aerodynamischen Lärm, der durch andere Bauteile, insbesondere bei Start und Landung erzeugt wird. Auch auf diesem Gebiet wird versucht Minderungsmöglichkeiten zu finden.

Eine weitere Veröffentlichung des FP – das Fluglärmportal zum Thema „[Weniger Lärm an Oberfläche, Flügeln und Fahrwerk](#)“ gibt dazu Auskunft. (8)

Als ein Beispiel für Lärminderung am Flugzeugrumpf werden hier die Wirbelgeneratoren an der Unterseite der Airbus A320 Flugzeuge genannt. Ein weiteres Beispiel sind die gebogenen Flügelspitzen, die zunehmend zum Einsatz kommen und auch nachrüstbar sind. Ein nächstes Beispiel ist eine haifischhautähnliche Oberfläche durch Rillen im Lack, wodurch Luftwiderstand und Lärm gemindert werden. Lufthansa, Airbus und das Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und angewandte Materialforschung haben den Einsatz von haifischhautähnlichen Flugzeugoberflächen, der sogenannten Riblet-Struktur, im Rahmen des EU-Projekts Clean Sky untersucht. Durch die haifischähnliche Oberfläche wird eine Kraftstoffersparnis von einem Prozent erwartet. Zudem sorgen die feinen Rillen im Lack der Flugzeuge für weniger Lärm an Oberfläche, Flügeln und Fahrwerk. Auch an den Vorderkanten der Flügel kann durch die besondere Gestaltung von Kippnasen und den Einsatz von Bürsten zur Strömungsbeeinflussung Lärm vermindert werden.

Weniger Fluglärm durch eine Kippnase

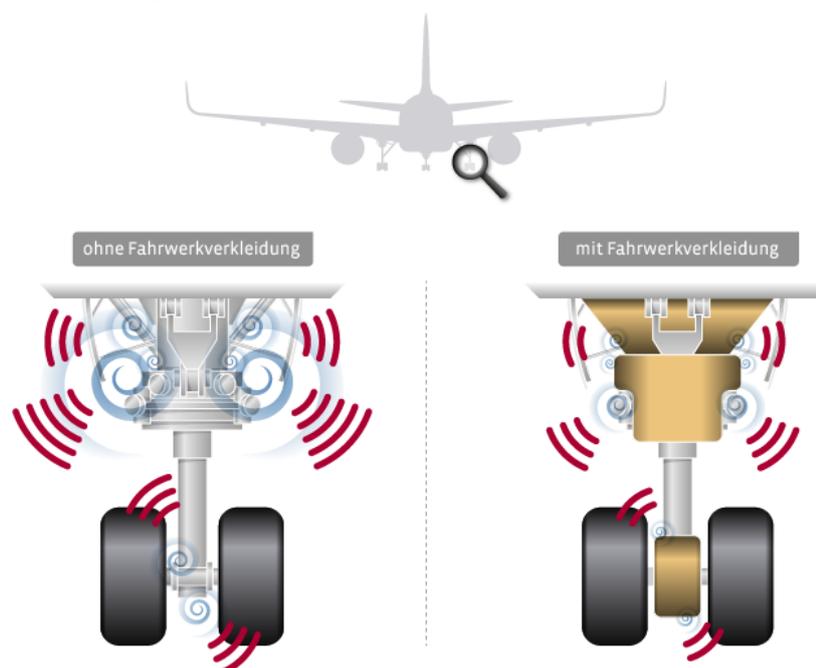


Weniger Fluglärm durch Einsatz von Bürsten



Eine weitere Flugzeugkomponente, an der Industrie und Wissenschaft Luftwirbel vermeiden wollen, ist das Fahrwerk. Die DLR-Experten erforschen Möglichkeiten, Fluglärm am Fahrwerk durch einen Windschutz zu minimieren. Vergleichsmessungen zeigen, dass damit die Lärmemissionen um etwa 5 Dezibel verringert werden können.

Weniger Fluglärm durch windgeschützte Fahrwerke



Aber es gibt auch zahlreiche Studien über das Aussehen der Flugzeuge der Zukunft. Hier einige Beispiele.(8 – 10)



Nicht so weit in der Zukunft wie die vorstehend gezeigten Flugzeuge liegt das Ziel der EU, Flugzeuge bis 2050 um 65% leiser zu machen. Um dieses Ziel zu erreichen, gilt es alle Möglichkeiten, die in diesem Zeitraum zu realisieren sind, umzusetzen.

Eine dieser Möglichkeiten, und nicht die schwierigste und komplizierteste scheint zu sein, die Tragflächen als mitgeführte Schallschutzwände einzusetzen und die Triebwerke über diesen zu positionieren.

Quellenverzeichnis

- (1) <https://www.xn--fluglrm-portal-9hb.de/laerm-vermeiden/forschungsprojekte/>
- (2) <https://aufnachirgendwo.boardingarea.com/fliegen-erklart/technik-erklart-warum-haengen-die-triebwerke-eigentlich-meistens-unter-dem-fluegel/>
- (3) <https://www.fzt.haw-hamburg.de/pers/Scholz/arbeiten/TextEndesfelder.pdf>
- (4) <https://www.nlr.org/ceas-asc-2018-workshop/>
- (5) <https://www.xn--fluglrm-portal-9hb.de/laerm-vermeiden/moderne-flugzeuge/triebwerke/>
- (6) https://www.researchgate.net/publication/225020099_Abschlussbericht_Neuartige_aktivepassive_Systeme_zur_Gerauscheminderung_an_Triebwerken_-_NaSGeT
- (7) <https://www.flugrevue.de/flugzeugbau/druckluft-gegen-laerm-im-triebwerk-aktive-laermminderung-im-test/>
- (8) <https://www.inside-digital.de/news/airbus-zeroe-das-flugzeug-der-zukunft>
- (9) <https://arts.eu/de/insights/artikel/die-luftfahrt-im-jahr-2050-ein-blick-in-die-zukunft/>
- (10) https://www.dlr.de/next/desktopdefault.aspx/tabid-6624/10881_read-24688/