

Geräuschemissionen von Luftfahrzeugen – Stand und Perspektiven

Thomas Myck¹, Berthold M. Vogelsang²

¹ Umweltbundesamt, 06813 Dessau-Roßlau, Deutschland,
Email: thomas.myck@uba.de

² Niedersächsisches Ministerium für Umwelt und Klimaschutz, 30169 Hannover, Deutschland,
Email: berthold.vogelsang@mu.niedersachsen.de

1 Einleitung

In der Vergangenheit sind große Fortschritte auf dem Gebiet des Luftfahrzeug- und Triebwerksbaus erzielt worden. So sind moderne Strahlverkehrsflugzeuge rund 23 dB leiser als die ersten strahlgetriebenen Verkehrsflugzeuge. Trotz dieser positiven Entwicklung bestehen auch heute noch erhebliche Fluglärmprobleme an den großen Flughäfen, weil die deutliche Verkehrszunahme die Lärminderungserfolge kompensiert hat. Es sind daher alle Möglichkeiten zur Minderung des Fluglärms auszuschöpfen. Eine effektive Möglichkeit sind Maßnahmen an der Lärmquelle, d. h. am Luftfahrzeug.

2 Aktueller Stand der Geräuschemissionen von Luftfahrzeugen

Die zulässigen Geräuschemissionen von Luftfahrzeugen sind im Anhang 16, Band I, zum Luftfahrtabkommen der Internationalen Zivilluftfahrt-Organisation ICAO geregelt. Die Lärmgrenzwerte für neue Flugzeuge sind im Kapitel 4 dieses Regelwerks festgelegt. Sie gelten für Flugzeuge, die seit dem 1.01.2006 zugelassen werden (Kapitel-4-Flugzeuge). Diese Werte werden von modernen Mittel- oder Langstreckenflugzeugen bereits um bis zu 17 dB unterschritten. Deshalb werden derzeit auf ICAO-Ebene intensive Diskussionen über eine mögliche Verschärfung des aktuellen Lärmgrenzwertes geführt. Hierbei ist das Lärminderungspotenzial neuer Technologien von großer Bedeutung.

3 Lärminderungspotenzial neuer Technologien

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche Lärminderungsmaßnahmen an Flugtriebwerken durchgeführt, die in späteren Triebwerksentwürfen weiterentwickelt wurden. Den größten Einfluss auf die Minderung des Triebwerkslärms hat die kontinuierliche Vergrößerung des Nebenstromverhältnisses. Das ist das Verhältnis des äußeren, kalten Luftstroms zum heißen Luftstrom im Kerntriebwerk. Die Erhöhung des Nebenstromverhältnisses bewirkt eine deutliche Verringerung der Strahlgeschwindigkeit. Da die Schallleistung des Abgasstrahls proportional zur 8. Potenz der Strahlgeschwindigkeit ist, konnte hierdurch eine wesentliche Lärminderung erzielt werden. Moderne Triebwerke haben ein Nebenstromverhältnis bis 10 (z. B. RR Trent 1000). Mit der Erhöhung des Nebenstromverhältnisses ist eine Vergrößerung des Triebwerksdurchmessers verbunden. Dadurch können sich Probleme bei der Triebwerksmontage ergeben, was sich beispielsweise bei der Weiterentwicklung der Mittelstreckenflugzeuge Boeing 737 und Airbus A320 zeigt. Während bei der B737 die Ausrüstung mit Triebwerken mit größeren Durchmessern praktisch nicht mehr möglich ist, kann dies beim A320 aufgrund der längeren Fahrwerke noch realisiert werden. Es

ist deshalb eine Triebwerksumrüstung des A320 vorgesehen. Während die bisherigen CFM56-5B-Triebwerke ein Nebenstromverhältnis von 6 und einen Durchmesser von 1,73 m haben, sollen für den neuen Airbus 320neo Leap-X-Triebwerke der Fa. CFM-International oder Pratt & Whitney 1101G-Triebwerke verwendet werden. Sie haben ein Nebenstromverhältnis von 10 (Leap-X) bzw. 12 (PW1100G) und weisen einen um 20 cm bzw. 33 cm größeren Fandurchmesser auf. Hierdurch soll der Airbus 320neo nicht nur leiser, sondern auch kraftstoffsparender als sein Vorgänger werden. Die Vergrößerung der Triebwerksdurchmesser kann unter Umständen zu schweren Triebwerken führen. Es werden deshalb neue Werkstoffe erforscht, um das Schub-Gewichtsverhältnis zu optimieren. Die Arbeiten konzentrieren sich auf Titan-Aluminide und keramische Verbundwerkstoffe. Durch den verstärkten Einsatz von Verbundwerkstoffen konnte z. B. das Leap-X-Triebwerk trotz größerem Durchmesser rund 450 kg leichter als das bisherige CFM56-Triebwerk gebaut werden.

Eine sehr effektive Lärminderungsmaßnahme ist die Auskleidung der Triebwerke mit schalldämmenden Materialien. Diese Maßnahme hat in der Vergangenheit weite Verbreitung gefunden und wird auch zukünftig eine wichtige Rolle spielen. So werden in modernen Flugtriebwerken vermehrt poröse Absorptionsmaterialien mit Wabenstruktur (Liner) eingebaut. Eine weitere Lärminderungsmöglichkeit besteht in der Installation mehrerer kleiner Lautsprecher in der Triebwerksgondel, die eine „Gegenschallquelle“ zum Triebwerkslärm bilden und die vom Rotor verursachten Töne dämpfen sollen. Diese so genannte aktive Lärminderung ist eine vielversprechende Maßnahme, die aber bis zur Einsatzreife noch erheblich weiterentwickelt werden muss. Zur Lärminderung tragen darüber hinaus die lärmoptimierte Gestaltung der Triebwerkeinläufe (schräge Gondel-einläufe) und verschiedene Maßnahmen am Triebwerksauslauf bei. Beispielsweise sind in Triebwerken mit einem Nebenstromverhältnis bis 7 häufig Zwangsmischer installiert. Eine andere Möglichkeit ist die Verwendung von Chevron-Düsen, wie sie für die Triebwerke der neuen Boeing 787 vorgesehen sind. Beide Schubdüsenformen ermöglichen eine schnelle Durchmischung des heißen Abgasstrahls mit der kalten Umgebungsluft und damit eine Lärminderung.

Weiterhin werden derzeit neue Triebwerkskonzepte entwickelt. Ein Beispiel hierfür ist der Getriebefan. Bei diesem Triebwerk werden durch ein Getriebe die Drehzahlen des Fans und Niederdruckturbine so angepasst, dass sie jeweils im optimalen Betriebsbereich arbeiten. Die Entwicklung des Getriebefans ist bereits weit fortgeschritten und bietet ein beträchtliches Lärminderungspotenzial. So werden solche Triebwerke für bald auf den Markt kommende Mittelstreckenflugzeuge angeboten. Die

Geräuschemissionen beispielsweise des PW1100G-Triebwerks sollen nach Herstellerangaben den aktuellen Kapitel-4-Lärmgrenzwert um 20 dB unterschreiten. Ferner wird an so genannten Propfan-Triebwerken gearbeitet, die konzeptionell bereits in den 1980er Jahren entwickelt wurden. Dies sind spezielle Flugtriebwerke mit gegenläufigen Propellern, die entweder in offener oder ummantelter Bauweise ausgeführt werden. Die Propfan-Triebwerke lassen zwar große Kraftstoffeinsparungen erwarten, sind aber im Hinblick auf ihre Lärmentwicklung problematisch. Das gilt vor allem für die offene Bauform, bei der eine ungehinderte Lärmabstrahlung möglich ist. Ältere Testergebnisse deuten darauf hin, dass Propfan-Triebwerke auch während des Reiseflugs Lärmbelastigungen am Boden verursachen können. Sollten sich diese Ergebnisse bei den derzeit weiterentwickelten Triebwerken bestätigen, muss eine Ergänzung der bestehenden Lärmzulassungsvorschriften um einen Lärmgrenzwert für den Reiseflug erwogen werden. Mit dem Einsatz von Propfan-Triebwerken im regulären Flugbetrieb wird ab 2025 gerechnet. Zudem werden innovative Triebwerkskonzepte, wie das rekuperative Triebwerk mit Zwischenkühlung verfolgt. Diese Triebwerke sollen nicht nur einen deutlich geringeren Treibstoffverbrauch ermöglichen, sondern auch geringere Lärm- und Schadstoffemissionen als konventionelle Strahltriebwerke aufweisen. Verkehrsflugzeuge mit rekuperativen Triebwerken sind frühestens ab 2035 zu erwarten.

Das Triebwerk ist jedoch nicht die einzige Lärmquelle am Flugzeug. Auch die Auftriebshilfen, das Fahrwerk sowie diverse Hohlräume an der Flugzeugzelle verursachen Lärm. Diesen Lärmquellen kommt im Anflug eine zunehmende Bedeutung zu, weil dann die Triebwerke nur mit Teillast betrieben werden. Neben vielfältigen Maßnahmen zur Minderung der Einzelquellen lässt sich eine Lärminderung aber auch durch neuartige Flugzeugkonstruktionen erzielen. Verschiedene Konzeptstudien sehen Flugzeuge mit unkonventionellen Triebwerksanordnungen vor, bei denen der Triebwerkslärm durch die Leitwerke abgeschattet werden soll. Mit der Realisierung solcher Entwürfe ist jedoch frühestens ab dem Jahr 2035 zu rechnen. Einen zusammenfassenden Überblick über die Potenziale verschiedener Maßnahmen zur Lärminderung gibt Tabelle 1. Dabei wird der international gebräuchliche Begriff „Technology Readiness Level (TRL)“ verwendet, um die Technologiereife der Maßnahmen zu bewerten. Es werden neun verschiedene technologische Entwicklungsstufen unterschieden, die von TRL 1 (Idee) bis TRL 9 (einsatzreif) reichen.

4 Fazit

Die vorstehenden Ausführungen zeigen, dass Maßnahmen zur Lärminderung an der Quelle auch zukünftig noch ein erhebliches Lärminderungspotenzial bieten. Dieses Potenzial muss angesichts des weiter zunehmenden Luftverkehrs und der damit verbundenen Fluglärmprobleme unbedingt genutzt werden. Es ist deshalb auf internationaler Ebene eine deutliche Verschärfung des Kapitel-4-Lärmgrenzwertes anzustreben. Da die Umrüstung der bestehenden Flugzeugflotten auf leisere Flugzeuge aber ein

langwieriger Prozess ist, sollte die Grenzwertverschärfung mit Betriebsbeschränkungen für laute Flugzeuge und finanziellen Anreizen für die Betreiber leiser Luftfahrzeuge einhergehen.

Tabelle 1: Lärminderungspotenziale verschiedener Triebwerkstechnologien [1], [2], [3], [4]

Technologie	Potenzial [dB]	TRL	Anwendungsbispiele	
			realisiert	geplant
Schräger Gondel-einlauf	3	4-6		
Pfeilung der Schaufeln	2	8-9	RR Trent 900 RR RB 21-524 (B747-400)	CFMI Leap-X (A320) RR Trent XWB (A350)
Vergrößerung Abstand Rotor-Stator	2-4	5-9	GP7200 (A380)	GEnx-1B64 (B787); RR Trent XWB (A350)
Zeo-splice inlet liners	1-4	7-9	GP7200 (A380)	RR Trent XWB (A350); GEnx-2B64 (B747-8)
Aft cowl liners	1-3	3-4		
Aktive Lärminderung	9	3		
Zwangsmischer	1-2	8-9	PW 6000 (A318); CFM56-5C (A340)	
Feste Chevron-Düse	1-3	6-8		GEnx-1B64 (B787)
Verstellbare Chevron-Düse	1	7		
Getriebefan	15-20	7-8		PW1100G (A320neo), PW1524G (C-Series), PW1217G (MRJ), PW1400G (Irkut MS-21)
Propfan	10-15	6		
Wärmetauscher-Triebwerk	18-22	3		
Potenzialangaben jeweils gegenüber Nichtanwendung; bei Triebwerken unter Kapitel-4-Lärmgrenzwert				

5 Literatur

- [1] Gliebe, P.R. et al.: Report to CAEP by the CAEP noise technology independent expert panel aircraft noise technology review and medium and long term noise reduction goals, CAEP/8-IP/10, ICAO, Montreal 2010
- [2] Arp, H.; Donnerhack, S.; Krebs, W. et al.: Verschärfung der Lärmgrenzwerte von zivilen Strahlflugzeugen unter besonderer Berücksichtigung des Zusammenhangs zwischen den Lärm- und Schadstoffemissionen von Strahltriebwerken, Öko-Institut, Forschungsvorhaben im Auftrag des Umweltbundesamtes, Darmstadt 2006
- [3] Boguhn, O.; Basner, M.; Enghardt, L. et. al.: Abschlussbericht zum Projekt „Leiser Flugverkehr II“, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), Göttingen 2007
- [4] Neise, N.; Dobrzynski, W.; Isermann, U. et. al.: Strategien zur Lärminderung an der Quelle unter Einbeziehung operationeller Möglichkeiten, speziell für den Nachtflug (L3/2004-50.0307/2004); DLR, Köln 2008