

Schwerpunktflyer

DLR Göttingen – Im Zentrum der Strömungs- und Strukturdynamik



100 JAHRE
Luft- und Raumfahrtforschung
in Deutschland



Vorwort

Ein Schwerpunkt der Forschung am DLR Standort Göttingen ist die Strömungs- und Strukturmechanik von Luftfahrzeugen. In-stationäre, abgelöste und/oder schallnahe Strömungen und ihre Wechselwirkung mit sich bewegenden Strukturen werden der Vorhersage zugänglich und kontrollierbar gemacht. Die Forschungsergebnisse fließen zügig in die industrielle Anwendung ein und tragen zu fortschrittlichen, kosteneffizienten und komfortablen Lufttransportsystemen bei, die bei geringen Emissionen und Immissionen sicher zu betreiben sind. Die technisch-wissenschaftlichen Fähigkeiten der Partner am Standort Göttingen stärken nachhaltig die System-Kompetenz des DLR auf dem Gebiet des Flugzeug- und Hubschrauberentwurfs.

Die vorliegende Broschüre stellt eine Übersicht dar, die die Expertise, das Potenzial und die erzielten Synergieeffekte der beteiligten Einrichtungen auf dem Gebiet der Strömungs- und Strukturkopplung dokumentiert.



Die gesellschaftliche Herausforderung

Zukünftige Lufttransportsysteme und militärische Flugzeugsysteme müssen erschwinglicher, sicherer und ökologischer sein als bisher, wollen sie den drängenden Herausforderungen unserer Gesellschaft genügen. Um dies zu erreichen, müssen sie in multi-disziplinären Designprozessen unter Verwendung neuer Technologien entwickelt werden. Die Vorhersage, Analyse und gezielte Gestaltung der Strömungs- und Strukturmechanik des Fluggeräts sind hierfür zwingend erforderlich. Diese Kernkompetenzen müssen stetig von der Forschung in die industrielle Anwendung überführt und ausgebaut werden. Nur so kann die europäische Luftfahrtindustrie die globale Führung gewinnen, wie es der Rat für Luft- und Raumfahrtforschung in Europa ACARE in seiner strategischen Forschungs-Agenda anstrebt.

Der DLR Standort Göttingen stellt sich dieser Herausforderung und bietet Lösungen in der Strömungs- und Strukturmechanik.



Synergieeffekte nutzen

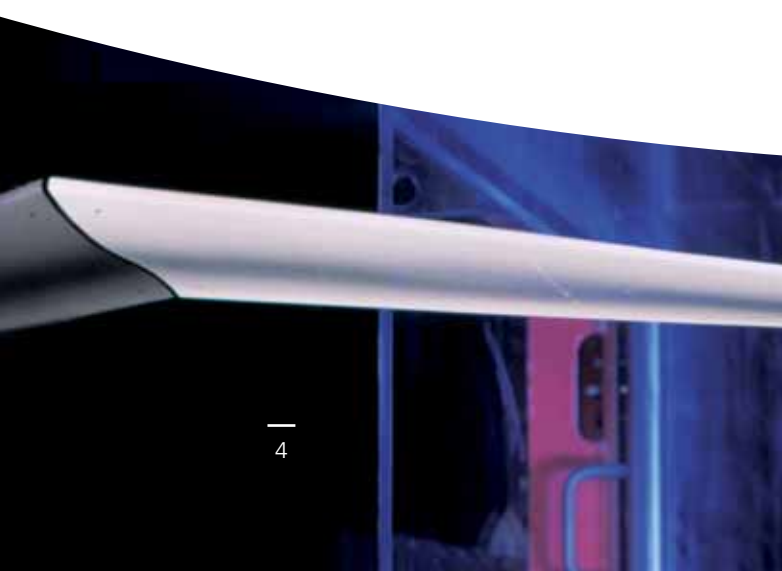
Im DLR Standort Göttingen sind Kernkompetenzen des Instituts für Aerodynamik und Strömungstechnik, des Instituts für Aeroelastik und der Deutsch-Niederländischen Windkanäle (DNW) vereint. Die enge Kooperation dieser Institutionen bietet wertvolle Synergieeffekte.

Im Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik werden moderne bildgebende Messverfahren zur Gewinnung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse auf dem Gebiet der Strömungs- und Strukturmechanik entwickelt und angewendet. Verfahren zur Strömungssimulation, wie der DLR Tau-Code, werden entwickelt und validiert.

Im Institut für Aeroelastik entwickeln die Abteilungen Aeroelastische Experimente und Aeroelastische Simulation experimentelle und numerische Verfahren.

Ziel ist es, Strömungen ebenso wie die Interaktion von Strömung und Struktur zu untersuchen, zu verstehen, vorherzusagen und gezielt zu beeinflussen.

Die Stiftung Deutsch-Niederländische Windkanäle (DNW) betreibt am Standort Göttingen 4 von insgesamt 10 Windkanälen. Durch die enge Kooperation mit dem DLR auf den Gebieten der Simulations- und Messtechnik ist sie ein wichtiger Partner zukünftiger Forschungsvorhaben.



Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte

Die Forschung und Entwicklung in der Strömungs- und Struktur- dynamik am DLR Standort Göttingen zielt darauf ab, die Entwicklung und die Leistungen zukünftiger Flugzeuge und Hub- schrauber zu verbessern. Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Gebiete der instationären Aerodynamik, der Struktur- dynamik und der Aeroelastik. Hierfür werden neuartige Methoden zur Messung instationärer aerodynamischer und struktur- dynamischer Größen im Boden-, Windkanal- und Flugtest entwickelt und angewendet. Zur Verfügung stehen zum Beispiel modernste optische Feldmesstechniken zur Erfassung des Drucks, der Ge- schwindigkeit, der Dichte, des Lärms und der Temperatur von Strömungen, sowie der strukturellen Deformation und der Schwingung von Modellen und Versuchsträgern: druckempfind- liche Farbe (PSP), temperaturempfindliche Farbe (TSP), Particle Image Velocimetry (PIV), Hintergrundschlieren Technik (BOS), akustische Mikrophonarrays, Infrarottechnik (IRT), Image Pattern Correlation Technique (IPCT). Mit diesen Methoden werden grundlegende physikalische Phänomene erforscht, diese entspre- chend numerisch modelliert, und so problemangepasste Simula- tionswerkzeuge und -techniken geschaffen und beständig ver- bessert. Eine Vielzahl angemeldeter und erteilter Schutzrechte und Patente belegt die Innovationskraft des DLR Standortes Göttingen. Die in Göttingen vorhandene Sachkenntnis auf dem Gebiet der optischen Messtechnik sowie der aerodynamischen und aeroelastischen Tests und Simulationen führt zu:

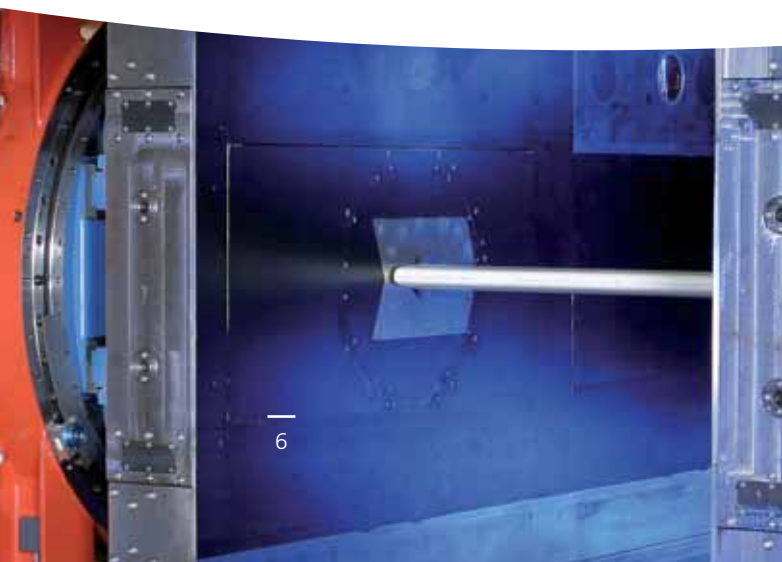
- Neuen Technologien zur Messung und Steuerung von Instabili- täten, Lasten und Vibrationen
- Validierten Simulationsmethoden und -prozessen für industriell einsetzbares virtuelles Design und Prüfung
- Aus- und Weiterbildung hochqualifizierter Ingenieure und Wissenschaftler auf diesen Gebieten

DLR Know-how im Einsatz

Aktuelle Beispiele für den erfolgreichen Einsatz und das Zusammenspiel der experimentellen und numerischen Fähigkeiten des DLR Standorts Göttingen kommen aus den Bereichen der aeroelastischen Stabilitätsuntersuchungen und der wirbeldominierten Strömungen.

Die Flattergrenze eines Flugzeugs bei schallnaher Anströmung zeigt ein deutliches Minimum, das als „Transonic Dip“ bezeichnet wird. Nahe dieses Minimums können so genannte Grenzzyklusschwingungen (Limit-Cycle Oscillations, LCOs) auftreten, die das klassische Flatterverhalten mit exponential anwachsenden, strukturgefährdenden Schwingungen ersetzen. Es wurde herausgefunden, dass die Dynamik auftretender Verdichtungsstöße und deren Wechselwirkung mit Strömungsablösung die Form des Transonic Dip und das Verhalten der LCOs maßgeblich beeinflussen. Ebenfalls wurde gezeigt und verstanden, wie lokale Strömungsphänomene im Bereich zwischen Flügel, Triebwerks gondel und Pylon eine aerodynamische Anregung verursachen können. Die Vorhersagefähigkeiten dieser technisch relevanten Physik wurden aufgrund der so gewonnenen Erkenntnisse erheblich verbessert. Ferner können hieraus Entwurfskriterien abgeleitet werden, um einen sicheren Betrieb eines Transportflugzeuges bereits in seinem frühen Entwicklungsstadium sicherzustellen.

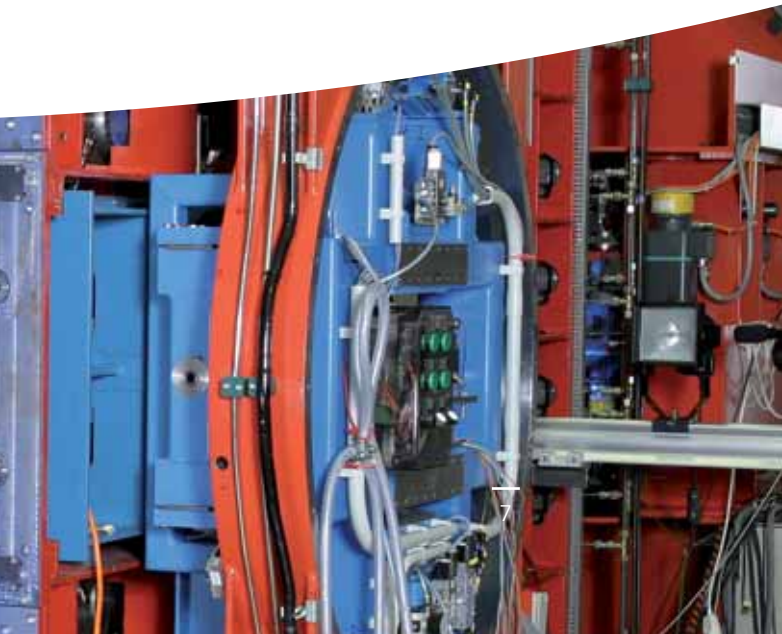
Die Umströmung von Flugzeugen mit Deltaflügelkonfigurationen wird durch Wirbel im Strömungsfeld dominiert. Flugmanöver verursachen bei solchen Konfigurationen durch den Zusammenbruch dieser Wirbel hohe instationäre aerodynamische Lasten.



Resultate experimenteller Strömungsuntersuchungen an verschiedenen bewegten Modellen mit beweglichen Klappen stellen umfassende und wertvolle Datenbanken für die Validierung numerischer Simulationen instationärer Flugmanöver zur Verfügung. Die experimentellen Daten basieren auf Strömungssichtbarmachungen, instationären Kraft-, Moment- und Druckmessungen und auf der optischen Positionserfassung der beweglichen Modelle. Die Fähigkeiten der DLR-Simulationsverfahren, Flugmanöver elastischer Deltakonfigurationen bis ins Detail nachzuziehen, wurden entscheidend weiterentwickelt und anhand der vorhandenen Messdaten nachgewiesen.

Der Anstellwinkel eines Hubschrauberblatts wird im Reiseflug zyklisch verändert. Diese rasche Veränderung des Blattanstellwinkels führt zu hohen aerodynamischen Lasten, zu Lärm und zu Vibrationen. Ausführliche Experimente führten zur Entwicklung strömungssteuernder Maßnahmen, die solche störenden Effekte bei gleichzeitiger Beibehaltung der aerodynamischen Leistung beseitigen.

Die genannten Beispiele auf dem Gebiet der Strömungs- und Strukturtechnik wurden durch die konzentrierte Zusammenarbeit hoch entwickelter experimenteller und numerischer Analysetechniken und aufgrund der Expertise der kooperierenden Partner erzielt. Die erzielten Ergebnisse dieser Forschungsarbeiten fließen in die Entwicklung künftiger Fluggeräte ein.



Aufträge und Industriekooperationen mit europäischer Dimension

Die Forschungsarbeiten im DLR Standort Göttingen sind darauf ausgerichtet, zur industriellen Anwendung durch Werkzeug-, Wissens- und Personalaustausch im nationalen und europäischen Rahmen beizutragen.

Einerseits wird die Luftfahrtindustrie direkt durch Dienstleistungen in der experimentellen und numerischen Simulation sowie in deren Validierung unterstützt: Beispielsweise koordiniert das DLR das EU finanzierte Network of Excellence EWA (European Wind Tunnel Association). Ziel dieses Netzwerkes ist es, der europäischen Luftfahrtindustrie erheblich verbesserte Dienstleistungen in den europäischen Windkanälen bereitzustellen. Die ausgezeichnete Kooperation mit der NASA, der US-Armee, der DNW, der ONERA und verschiedenen DLR-Instituten im Rahmen des Hubschrauber-Rotorprojektes des HART II lieferte die wohl umfassendste Datenbank für instationäre Aerodynamik und Blattdeformationen zur Verbesserung numerischer Verfahren.

Andererseits können sehr effektiv Untersuchungen direkt am Produkt durchgeführt werden, wie der erfolgreiche Stand-schwingversuch am Airbus A380 zeigt, der zusammen mit der französischen ONERA als letzter und zentraler Test vor seinem Erstflug durchgeführt wurde.



Nutzungs- und Einsatzmöglichkeiten

Die Forschung und Entwicklung der Strömungs- und Struktur-
dynamik im DLR Standort Göttingen ist für die Auslegung und
den Nachweis der Betriebssicherheit von Fluggeräten und Turbo-
maschinen von entscheidender Bedeutung.

Das Dienstleistungsangebot umfasst unter anderem:

Windkanalexperimente und Computersimulationen mit gezielt bewegten und frei flatternden Modellen

Das Angebot umfasst Qualifikationstests und Leistungsnachweis
unter Einhaltung der physikalisch bedeutsamen Ähnlichkeitsgesetze
und unter Verwendung modernster, auch optischer Messtechniken.
Dies ermöglicht Experimente, um die angemessene Modellierung
für industrielle „Virtual Testing“ Verfahren abzuleiten und zu vali-
dieren. Betreuung kann von Modellentwurf und -fertigung bis zur
wissenschaftlichen Auswertung der Messung erfolgen. Die vorhan-
denen Simulationsverfahren und Rechenkapazitäten erlauben zum
Teil bereits heute Qualifikation durch Analyse.

Standschwingungsversuche und aeroelastische Zertifizierung

Die Identifikation der strukturdynamischen Eigenschaften dient als
Basis für den Nachweis der Flattersicherheit. Dieser ist relevant für die
Zulassung fliegenden Geräts. Das Angebot umfasst die aeroelastische
Zertifizierung, um den sicheren Betrieb eines Fluggeräts zu gewähr-
leisten. Entsprechende Entwicklungs- und Musterprüfingenieure des
DLR Entwicklungsbetriebs arbeiten vor Ort in Göttingen.

Strukturdynamische Qualifikation

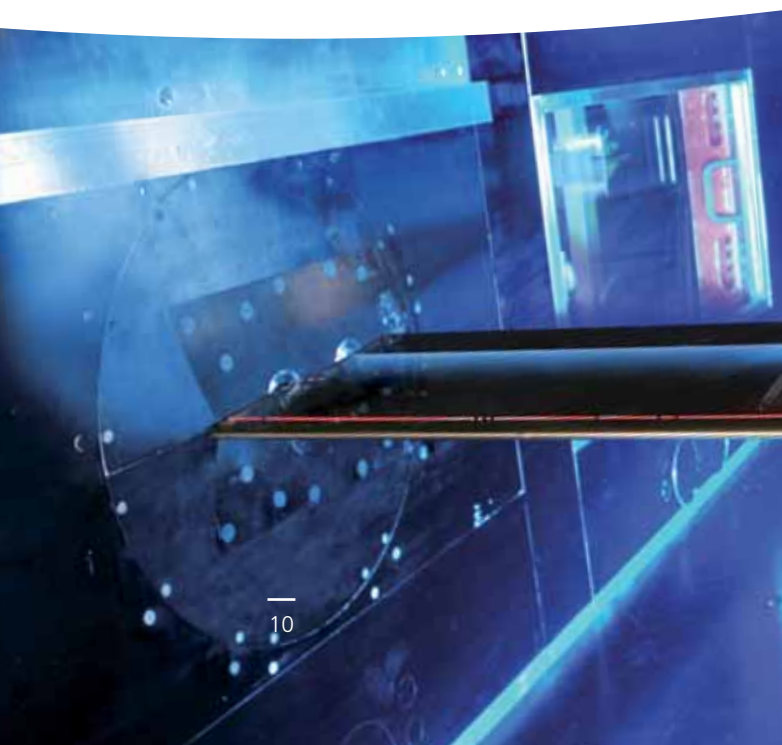
Das Angebot beinhaltet den experimentellen Nachweis, dass die
verwendete Struktur den zu erwartenden dynamischen Lasten
Stand hält. Ein solcher Nachweis ist je nach Anwendungsgebiet
zulassungsrelevant.



Komplettlösungen als Wettbewerbsvorteil

Die Partner haben in der Gesamtheit ihres fachlichen Angebotes auf dem Gebiet der experimentellen und numerischen instationären Aerodynamik und Aeroelastik ein Alleinstellungsmerkmal in Europa, und eine herausragende Position weltweit. Dies gilt auch für einige Mess- und Versuchstechniken im Einzelnen, für die Simulationstechniken sowie die Analyse- und Validierungsfähigkeiten auf weiten Gebieten im Ganzen.

Die von den Partnern angebotenen Leistungen als „Komplettlösung“ können so von keiner anderen Forschungseinrichtung angeboten werden. Langfristige Kontinuität in der Entwicklung, bei Ansprechpartnern und bei der Leistungsfähigkeit ist ein klarer Wettbewerbsvorteil des DLR. Aufträge können so zuverlässig, effektiv und effizient durchgeführt werden. Daneben gibt besonders die enge Verzahnung von Experiment und Simulation, wie sie in dieser Form weltweit nur selten anzutreffen ist, den Partnern eine starke Position gegenüber Mitbewerbern in anderen Forschungseinrichtungen.

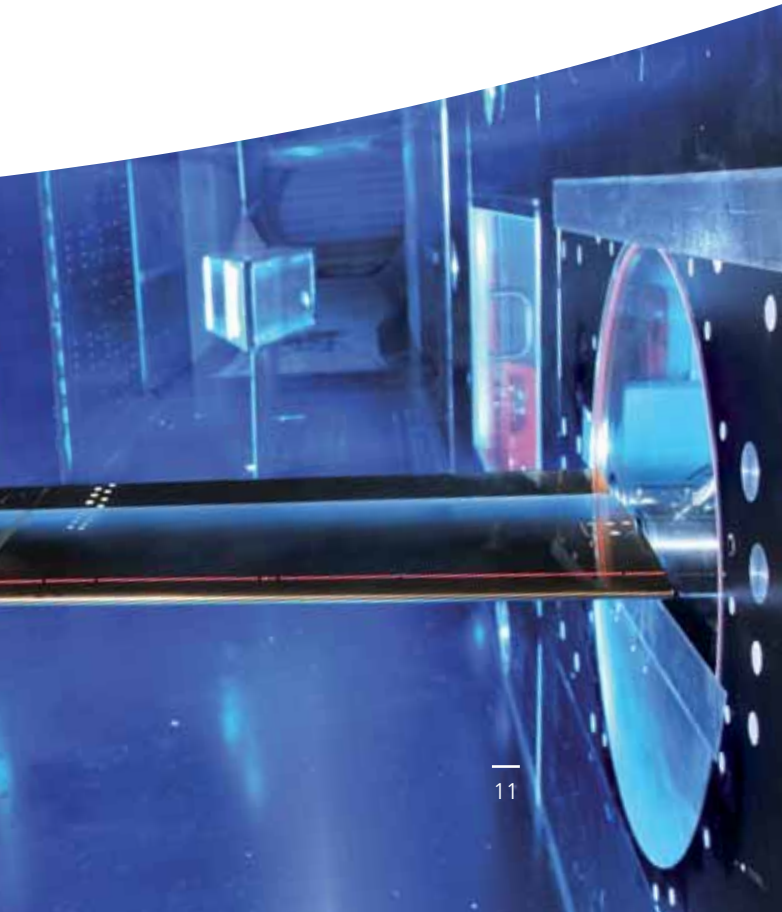


Weltweite Forschungskooperationen

Zu den Zielen des DLR gehört der Ausbau seiner Wettbewerbsposition als Forschungsunternehmen in Europa aber auch weltweit. Der DLR Standort Göttingen trägt in der Strömungs- und Struktur-
dynamik am Starr- und Drehflügler mit folgenden Zielen dazu bei:

- Europäisierung und Konsolidierung der Forschungsressourcen
- Effektive und effiziente Nutzung der Anlagen
- Qualitativ herausragende Forschungsergebnisse
- Vermeidung von Redundanzen

Unter diesen Rahmenbedingungen wurden in den letzten Jahren die Kooperationen mit internationalen Forschungseinrichtungen der Luft- und Raumfahrt konsequent ausgebaut. Zu den wichtigsten Partnern gehören ONERA (Frankreich), NLR (Niederlande), ESA (Europa), NASA (USA) und JAXA (Japan).



Hochschulen und Universitäten – unsere Partner

Der DLR Standort Göttingen trägt zu innovativen Anwendungen und Luftfahrtprodukten bei, indem es Großanlagen betreibt, forscht, entwickelt und Ergebnisse der Grundlagenforschung technisch nutzbar macht. Zentrale Forschungspartner sind hierbei die nationalen Hochschulen und Universitäten. Die partnerschaftliche Zusammenarbeit mit den nationalen Hochschulen und Universitäten ist vielfältig und intensiv. Sie ist in Sonderforschungsbereichen, Nachwuchsgruppen, in den gemeinsam berufenen Institutsdirektoren sowie in der Ausübung von Lehraufträgen von DLR-Mitarbeitern organisiert.

Ziele der Partnerschaft mit den nationalen Hochschulen und Universitäten sind:

- Verknüpfung von Wissenschaft und anwendungsorientierter Forschung
- Lösung komplexer Forschungs- und Entwicklungs-Herausforderungen unter Verwendung aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse und geeigneter Großversuchsanlagen
- Vorantreiben des Technologietransfers von der Wissenschaft in die Anwendung auch durch Ausbildung von Wissensträgern
- Ausbildung mit Blick auf das Gesamtsystem Luftfahrzeug

Lokale Vernetzung

Der DLR Standort Göttingen ist als Mitglied im Measurement-Valley e.V. regional durch enge institutionalisierte Kooperation mit lokalen kleinen und mittelständischen Unternehmen im Geschäftsbereich Messtechnik verankert.



Nachwuchsförderung

Am DLR Standort Göttingen wird aktiv Nachwuchsförderung für Naturwissenschaft und Technik betrieben:

- Schülerinnen und Schüler werden im Rahmen des DLR_School_Lab durch Experimente an die Strömungs- und Strukturtechnik herangeführt und begeistert.
- Studierende der Fachrichtung Informationstechnik an der Berufsakademie Mannheim werden in Messtechnik geschult und tragen zur Weiterentwicklung von Messsystemen und Auswertung von Messdaten bei.
- Studierende, Hochschulabsolventen sowie Jung- und Gastwissenschaftler arbeiten aktiv in ihrer Aus- und Weiterbildung im Forschungsbereich Strömungs- und Strukturtechnik.

Frauen in der Forschung

Im DLR Göttingen gibt es gezielte Angebote für Frauen. Es werden unter anderem Trainings- und Praktikumsaufenthalte europaweit für Studentinnen oder spezielle Kurse vorzugsweise für Schülerinnen im DLR_School_Lab angeboten.

Anschriften und Kontakte

Prof. Dr. Andreas Dillmann
DLR Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik
Telefon: 0551 709-2177
Telefax: 0551 709-2889
E-Mail: Andreas.Dillmann@dlr.de

Prof. Dr. Heinz Hönlinger
DLR Institut für Aeroelastik
Telefon: 0551 709-2341
Telefax: 0551 709-2862
E-Mail: Heinz.Hoenlinger@dlr.de

Dr. Karl-Wilhelm Bock
**Deutsch-Niederländische Windkanäle,
Business Unit Göttingen und Köln**
Telefon: 0551 709-2820
Telefax: 0551 709-2888
E-Mail: K-W.Bock@dnw.aero

- Titelbild:** Das DLR/ONERA Modell WIONA (Wing with Oscillating NAcelle) im Transsonischen Windkanal DNW-TWG in Göttingen.
- Seiten 2/3:** Der Airbus A380-800 beim von DLR und ONERA durchgeführten Standschwingungsversuch in Toulouse, Frankreich (Bild: Copyright Airbus S.A.S.).
- Seiten 4/5:** Elastisches DLR Fluttermodell AEROSTABIL3D-B im Transsonischen Windkanal DNW-TWG.
- Seiten 6/7:** Ein superkritisches Profilmodell im DLR Flatterversuchsstand montiert im Transsonischen Windkanal DNW-TWG in Göttingen.
- Seiten 8/9:** Installation von Messhardware beim von DLR und ONERA durchgeführten Standschwingungsversuch am Airbus A380-800 (Bild: Copyright Airbus S.A.S.).
- Seiten 10/11:** Das DLR/ONERA Modell COSDYNA (COntrol Surface DYNAMics) im Transsonischen Windkanal DNW-TWG in Göttingen.
- Seiten 12/13:** Aufbau der PIV-PSP-Messung am transsonischen Deltaflügel.

Lage und Verkehrsverbindungen

Das DLR Göttingen erreichen Sie wie folgt:

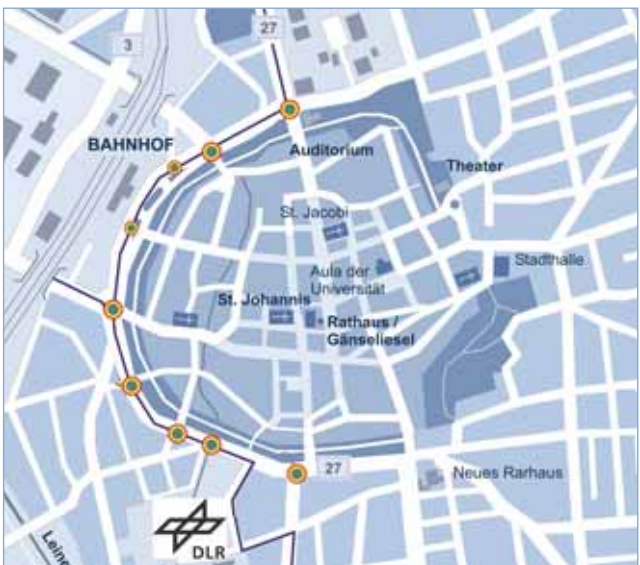
Bahn: Intercity verkehrt stündlich von/nach Hamburg/Bremen/Hannover/Berlin und von/nach Kassel/Frankfurt/München. Vom Bahnhof 20 Minuten Fußweg, Berliner Straße, Bürgerstraße, Bunsenstraße.

Auto:

West: Autobahnausfahrt Göttingen, Kasseler Landstraße, Groner Landstraße, Bürgerstraße, Bunsenstraße

Nord: Autobahnausfahrt Dreieck Göttingen-Nord, Hannoversche Straße, Weender Landstraße, Berliner Straße, Bürgerstraße, Bunsenstraße.

Flug: Flughafen Hannover und Flughafen Frankfurt/Main.



Das DLR im Überblick

Das DLR ist das nationale Forschungszentrum der Bundesrepublik Deutschland für Luft- und Raumfahrt. Seine umfangreichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten in Luftfahrt, Raumfahrt, Verkehr und Energie sind in nationale und internationale Kooperationen eingebunden. Über die eigene Forschung hinaus ist das DLR als Raumfahrt-Agentur im Auftrag der Bundesregierung für die Planung und Umsetzung der deutschen Raumfahrtaktivitäten sowie für die internationale Interessenswahrnehmung zuständig. Das DLR fungiert als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In 27 Instituten und Einrichtungen an den acht Standorten Köln-Porz, Berlin-Adlershof, Bonn-Oberkassel, Braunschweig, Göttingen, Lampoldshausen, Oberpfaffenhofen und Stuttgart beschäftigt das DLR ca. 5.100 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Außenbüros in Brüssel, Paris und Washington, D.C.



DLR

**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**

in der Helmholtz-Gemeinschaft

Standort Göttingen

Bunsenstraße 10
37073 Göttingen

www.DLR.de