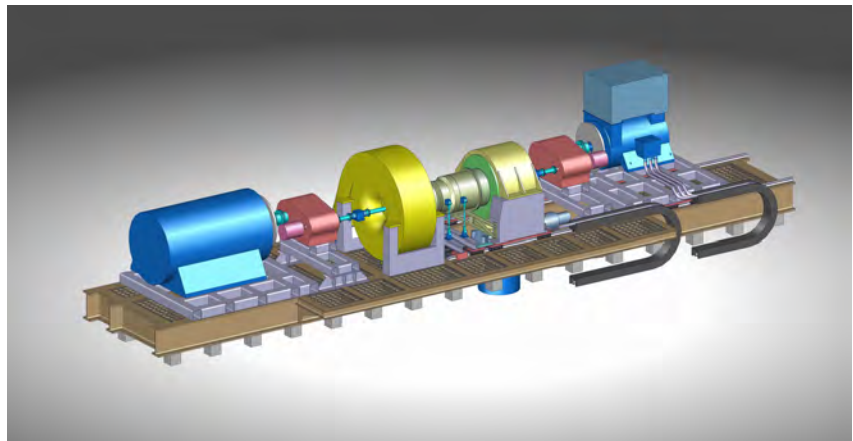




Neuer Turbinenprüfstand NextGeneration Turbine (NG-Turb)



Verdichter

Getriebeverdichter	4 Stufen radial
Max. Druckverhältnis	14
Volumenstrom	$6 \cdot 10^4 - 23 \cdot 10^4 \text{ m}^3/\text{h}$
Antriebsleistung	3,7 MW

Turbinenmessstrecke

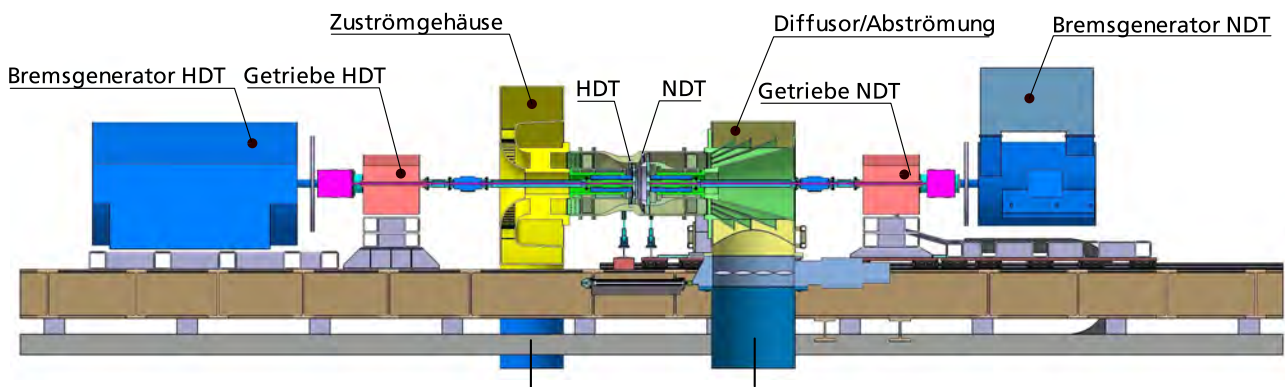
Anzahl Turbinenstufen	$\leq 2\frac{1}{2}$
Reynoldszahl	$10^5 \dots 1,5 \cdot 10^6$
Eintrittsdruck	$\approx 10 \dots 200 \text{ kPa}$
Eintrittstemperatur	$\approx 300 \dots 700 \text{ K}$
Max. Druckverhältnis	$\approx 10 \dots 12$
Max. Massenstrom	$\approx 9 \text{ kg/s}$
Min. Nabenradius	225 (180) mm
Max. Gehäuseradius	350 mm (HDT)
Max. Gehäuseradius	450 mm (NDT)
Wellenleistung (NDT)	$\leq 1,0 \text{ MW}$
Drehzahl (HDT, NDT)	$\leq 13.000 \text{ U/min}$

Durch die gestiegenen Anforderungen an moderne Hochleistungsturbinen in Bezug auf Effizienz, Nachhaltigkeit und Sicherheit, besteht von Seiten der Industrie dringender Bedarf an geeigneten Forschungs- und Versuchseinrichtungen. Eine von der Industrie und dem DLR durchgeführte Analyse der notwendigen, künftigen Forschungsschwerpunkte führte zur Auslegung und zum Design des neuen Turbinenprüfstands NG-Turb.

Bedingt durch die Turbinenentwicklung der letzten Jahre, wird der vom DLR in Göttingen betriebene, einwellige Turbinenprüfstand, der Windkanal für Rotierende Gitter, Göttingen (RGG), in Zukunft nicht mehr alle Anforderungen der Turbomaschinenindustrie und künftiger Forschungsthemen abdecken können. An einer modernen einstufigen Hochdruckturbine durchgeführte Messungen haben zum Beispiel gezeigt, dass wichtige Betriebspunkte nahe an den Betriebsgrenzen dieses Prüfstandes liegen. Einige Off-Design Betriebspunkte können gar nicht oder nur mit großen Kompromissen eingestellt werden. Es besteht deshalb Bedarf an einem

neuen Versuchsstand, der es einerseits ermöglicht, die wichtigsten Strömungsparameter einer zukünftigen Hochleistungsturbine einzustellen, d. h. hohe Druckverhältnisse, mehrere Stufen, Erweiterung auf Niederdruckturbinen etc., und andererseits so groß ist, dass auch sehr detaillierte Messungen daran durchgeführt werden können.

Das Institut für Antriebstechnik wird daher in zwei Ausbaustufen einen neuen Turbinenversuchsstand bei der Turbinenabteilung in Göttingen errichten, der erstmals 2013 in Betrieb genommen werden soll. Diese Next Generation Turbine Test Facility (NG-Turb) genannte Anlage soll im geschlossenen Kreislauf mit trockener Luft als Strömungsmedium betrieben werden, um die unabhängige Einstellung von Mach- und Reynoldszahlen zu ermöglichen. Die Variation der Reynoldszahl wird über die Einstellung des Ruhedrucks bzw. der Ruhetemperatur erfolgen. Das Strömungsmedium wird von einem neuen Getriebeverdichter der Fa. *MAN Diesel & Turbo SE* aus Oberhausen mit einem entsprechendem Druckverhältnis und einem sehr weiten Kennfeld für kleine bis sehr hohe Volumenströme angetrieben.



Querschnitt durch die geplante Anlage des NG-Turb, Ausbaustufe 2

In der einwilligen Ausbaustufe 1 können bis zu 2½ Stufen einer Hochdruckturbinen (HDT) oder einer schnell laufenden Niederdruckturbinen (NDT) mit Leistungen von bis zu 1 MW untersucht werden. Im Rahmen der zweiten Ausbaustufe soll die Erweiterung auf zwei Wellen erfolgen. Dadurch werden Experimente an Kombinationen von Hoch- und Niederdruckturbinen mit aggressivem Übergang, d. h. mit einem kurzen Zwischenkanal mit starker radialer Erweiterung, möglich. Konfigurationen, wie z. B. eine 1-stufige Hochdruckturbinen in Verbindung mit einer 1½-stufigen Niederdruckturbinen, können so untersucht werden. Die Turbinenrotoren können außerdem in beide Drehrichtungen gebremst oder angetrieben werden. Somit bietet der neue Prüfstand auch beste Voraussetzungen zur Untersuchung moderner gegenläufiger Turbinen.

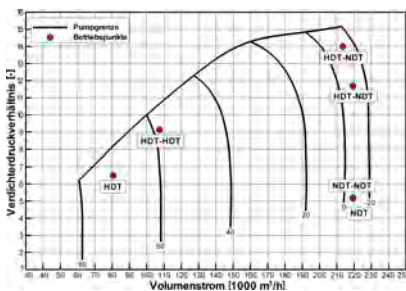
Für den Einsatz von Hochdruckturbinen in Kombination mit sogenannten Brennkammersimulatoren lässt sich die Verdichterluft für den neuen Turbinenprüfstand NG-Turb in einen gekühlten und einen zusätzlich elektrisch beheizten Strang aufspalten. Dabei werden sowohl der heiße als auch der kalte Luftstrom in ringbrennkammerartigen Einsätzen in der Messstrecke derart zugeführt,

dass Temperaturprofile ähnlich wie im Austritt der Brennkammer einer realen Gasturbine entstehen.

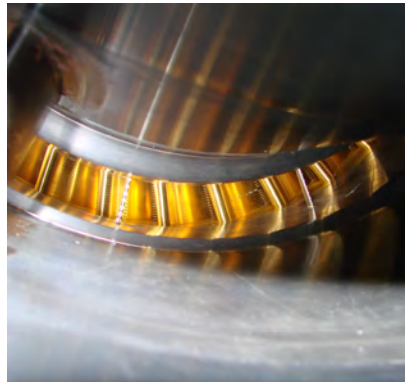
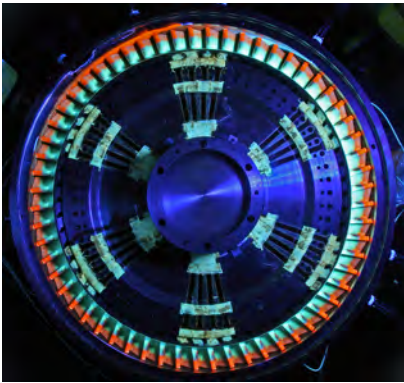
Um längere Umbauzeiten zwischen den einzelnen Experimenten zu vermeiden, wird der neue Turbinenprüfstand über eine sehr modular aufgebaute Messstrecke verfügen. Die Statorn (Leitschaufelräder) der Stufen als auch der Brennkammersimulator werden drehbar eingebaut, so dass sogenannte Clocking-Effekte untersucht werden können. Hilfskompressoren liefern genügend Druckluft zur Simulation der Kühlluftausblasung aus den Turbinenschaufeln und im Naben- und Gehäusebereich des Annulus. Eine gute, auch optische Zugänglichkeit ermöglicht den Einbau umfangreicher Messtechniken. Neben Standardmesstechniken, wie pneumatischen Sonden, Messstellen für stationäre und instationäre Drücke, Thermoelementen usw., kommen insbesondere zum Einsatz:

Bestimmung von stationären und instationären Druckverteilungen mit der Pressure Sensitive Paint (PSP) Methode.

Qualitative und quantitative Laser-messtechniken, z. B. Particle Image Velocimetry (PIV), Lichtschnitttechniken



Kennfeld des Verdichters



Farbausblaug und Sondeninstrumentierung an einem Versuchsrotor

wie die Quantitative Light Sheet Technik (QLS) zur Erfassung von Kühlfilm-ausbreitung (Kühlluftkonzentrationen), Transient Grating Spectroscopy und Rayleigh-Streuung zur Bestimmung von Temperaturen und Dichteverteilungen in der Strömung.

Akustische Messtechniken, z. B. Erfassung des von der Turbine emittierten und transmittierten Schallfelds mit Hilfe von Mikrofonarrays in der Zu- und Abströmung.

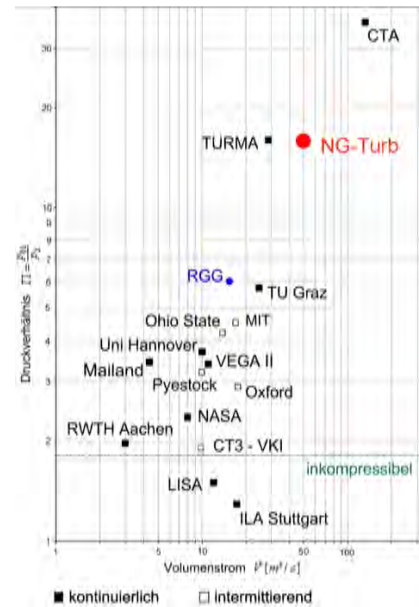
Techniken für Wärmeübergangsmessungen und Messungen von Kühlfilmeffektivitäten, z. B. durch Bestimmung von Oberflächentemperaturen mit Infrarotkameras bzw. der Temperature Sensitive Paint (TSP) Methode

Messdaten aus dem rotierenden System, d. h. von den Rotorschaukeln, werden mit einem geeigneten Telemetriesystem übertragen.

Die ersten Forschungsprojekte am NG-Turb befassen sich mit der Interaktion von Brennkammer und Turbine. So wird im europäischen Forschungsvorhaben FACTOR (**F**ull **A**ero-**t**hermal **C**ombustor - **T**urbine **i**nteract**O**n **R**esearch) erstmals die Interaktion der Brennkammeraustrittsströmung mit einer

1½-stufigen Hochdruckturbine experimentell untersucht. Im Fokus stehen die Messung der Wärmeströme an den Seitenwänden von Gehäuse und Nabe sowie den Turbinen-schaufeln, der Einfluss der Heißgas-strukturen auf Mischungsvorgänge und Sekundärströmungen sowie die Leistungsfähigkeit der Turbine in Abhängigkeit der von der Brennkammer ausgehenden Zuströmbedingungen.

Zwei weitere nationale Projekte im Rahmen des Luftfahrtforschungsprogramms und in Zusammenarbeit mit *Rolls-Royce Deutschland* befassen sich mit einer ähnlichen Thematik. Hier werden zwei Brennkammersimulatoren eingesetzt - für eine fette Verbrennung und für die Magerverbrennung - und die nachfolgende zweistufige Turbine an die jeweiligen Temperaturprofile angepasst. Ziel dieser Untersuchungen ist, neben den üblicherweise ermittelten Leistungsdaten auch Aussagen zur Reduzierung von Kühlluft zu erhalten. Darüber hinaus soll die Anordnung der einzelnen Brenner in Umfangsrichtung, relativ zu den Schaufeln des ersten Stators direkt hinter der Brennkammer, optimiert werden, um das sogenannte Brennkammer-Clocking auszunutzen.



Leistungsfähigkeit des NG-Turb im internationalen Vergleich

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, Energie, Verkehr und Sicherheit 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 zuständig. Zudem fungiert das DLR als Dachorganisation für den national größten Projektträger.

In den 15 Standorten Köln (Sitz des Vorstands), Augsburg, Berlin, Bonn, Braunschweig, Bremen, Göttingen, Hamburg, Lampoldshausen, Neustrelitz, Oberpfaffenhofen, Stade, Stuttgart, Trauen und Weilheim beschäftigt das DLR circa 6.900 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Das DLR unterhält Büros in Brüssel, Paris und Washington D.C.

Die Mission des DLR umfasst die Erforschung von Erde und Sonnensystem, Forschung für den Erhalt der Umwelt und umweltverträgliche Technologien, zur Steigerung der Mobilität sowie für Kommunikation und Sicherheit. Das Forschungsportfolio des DLR reicht von der Grundlagenforschung zu innovativen Anwendungen und Produkten von morgen. So trägt das im DLR gewonnene wissenschaftliche und technische Know-how zur Stärkung des Industrie- und Technologiestandortes Deutschland bei. Das DLR betreibt Großforschungsanlagen für eigene Projekte sowie als Dienstleistung für Kunden und Partner. Darüber hinaus fördert das DLR den wissenschaftlichen Nachwuchs, betreibt kompetente Politikberatung und ist eine treibende Kraft in den Regionen seiner Standorte.



**Deutsches Zentrum
für Luft- und Raumfahrt e.V.**
in der Helmholtz-Gemeinschaft