

Geburtstagskolloquium

28. Januar 2016

Die Einführung von Blisks in Hochdruckverdichter moderner Triebwerke

Ulrich Wenger, Head of Engineering&Technology

Überblick

- **Triebwerksentwicklung, Herausforderungen**
 - Technologiereife, Risikominimierung
- **Wieso Blisks?**
- **Blisks im zivilen Triebwerk**
 - Vorarbeiten
 - Entwicklung
 - Produkte
- **Ausblick**



Triebwerksentwicklung heute

Triebwerksentwicklung, Herausforderungen

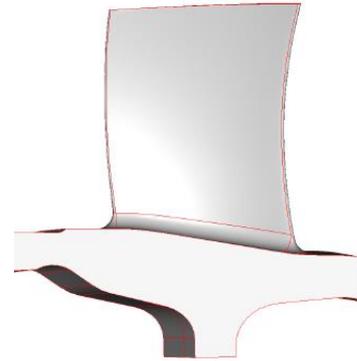
- Produkt muss die Kunden-Spezifikation erfüllen:
Schub, Gewicht, Verbrauch, Lebensdauer ...
- Produkt muss behördliche Anforderungen erfüllen:
Emissionen, Sicherheit, Lufttüchtigkeit ...
- Produkt muss eine rentable Investition sein:
Entwicklungskosten, Herstellkosten, Betriebskosten ...



Diese Vorgaben erlauben keine Technologieentwicklung parallel zur Produktentwicklung

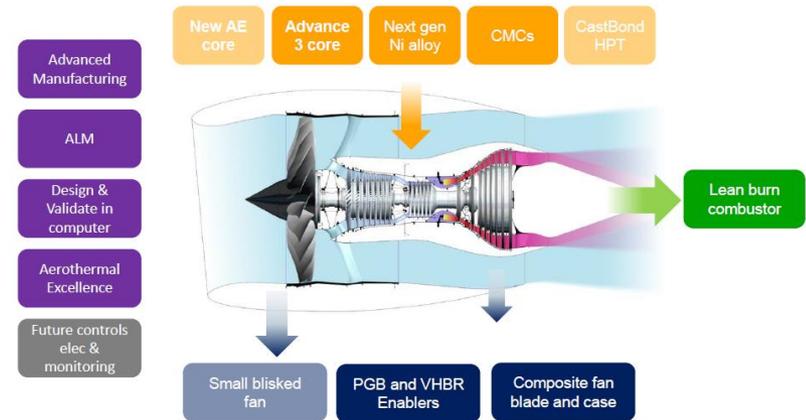
Wieso sind Blisks heute im Einsatz?

- **Gewicht**
- **Wirkungsgrad**
- **Geringe Teilezahl**
- **Aufgrund der hohen Anforderungen (Schub/Gewicht bzw Leistungsichte) wurden Blisks zuerst in militärischen Triebwerken eingeführt. Beispiele: EJ200 und Liftfan**



Vorentwicklung

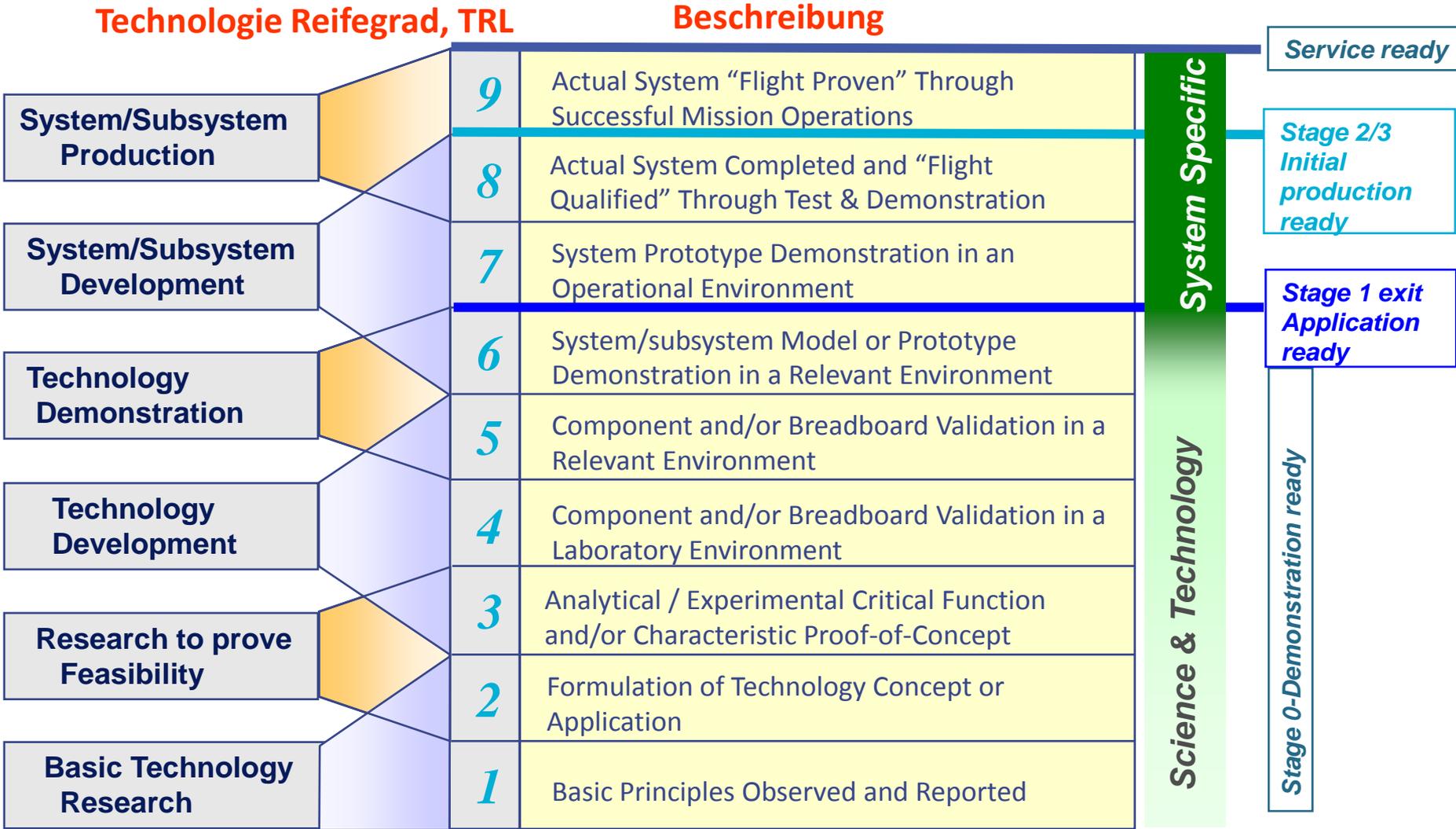
- **Neue Technologien müssen vor Einsatz in einem Produkt entwickelt werden**
- **Rolls-Royce entwickelt Technologien mit Partnern im globalen UTC Netzwerk**
- **Dazu gehört auch die BTU Cottbus-Senftenberg**



Das weltweite UTC Netzwerk

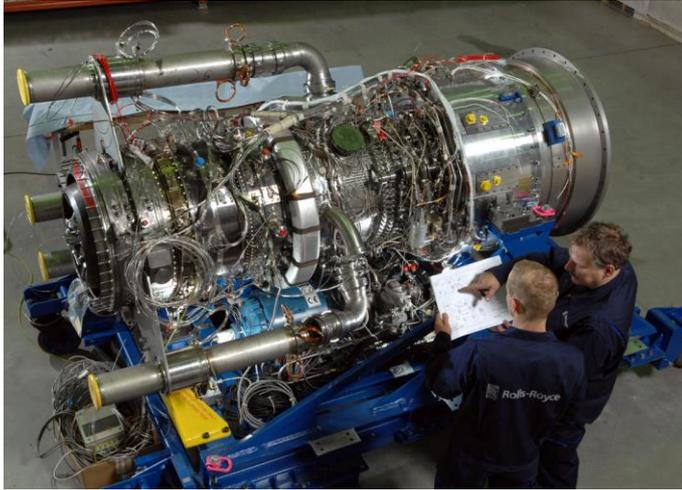


Technologie Reifegrad



Technologie Entwicklung und Demonstration

7



Core 3/2
gefördert im
Luftfahrtforschungs-
programm

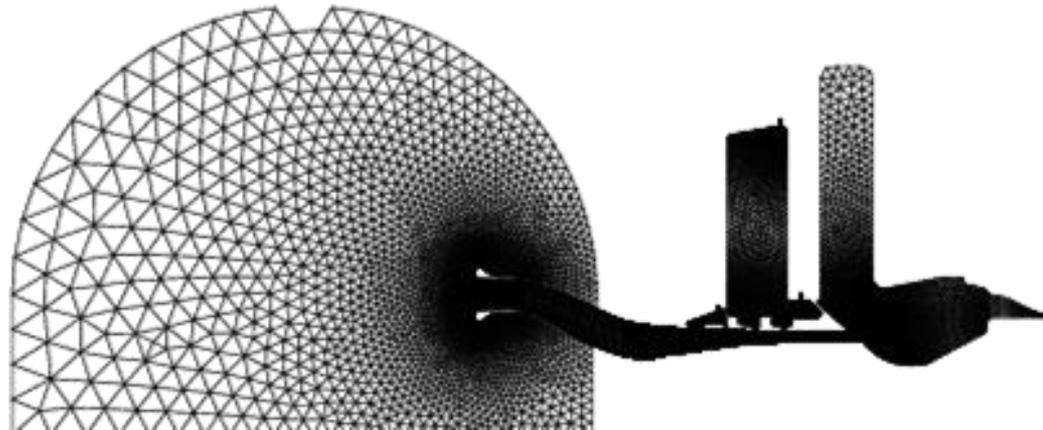


**ANTLE HPC Demonstrator mit
Ni-Blisks**
EU 5. Rahmenprogramm

Numerische Pumpgrenzuntersuchung

Methodik der Pumpuntersuchung

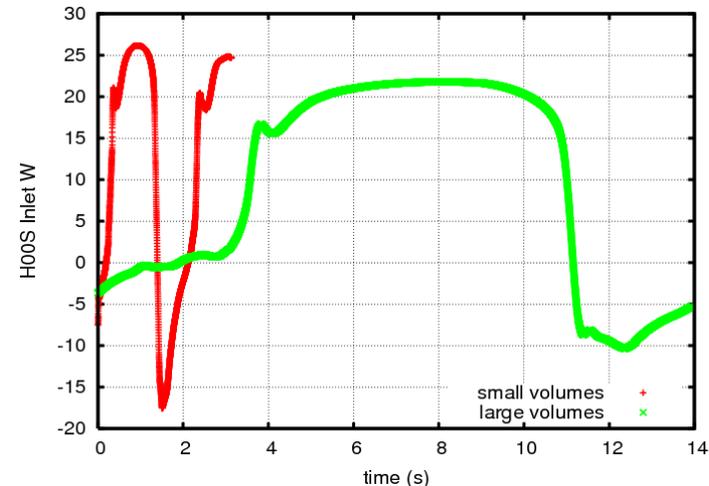
- Auswahl des geeigneten Modells: Einzelpassage jeder Schaufelreihe vs 360 Grad Analyse?
- Was muss vor und hinter dem Verdichter berücksichtigt werden?



Forced Response Analyse in Rückströmung

- Wie gross ist die Dämpfung bei Rückströmung?
- Schwingungsfestigkeit rückwärts durchströmter Schaufeln?

Untersuchungen:



- Schwingungsverhalten der Verdichter-Schaufeln während des Pumpvorgangs, Dämpfung von Blisk-Schaufeln
- Einfluß von Zapflutleitungen und Position von Zapflutventilen auf Pumpfrequenz und Intensität des Pumpstoßes
- Unterschiede in der Pumpbelastung auf Rig und Triebwerk
- Simulation des Pumpvorgangs in unterschiedlichen Flughöhen

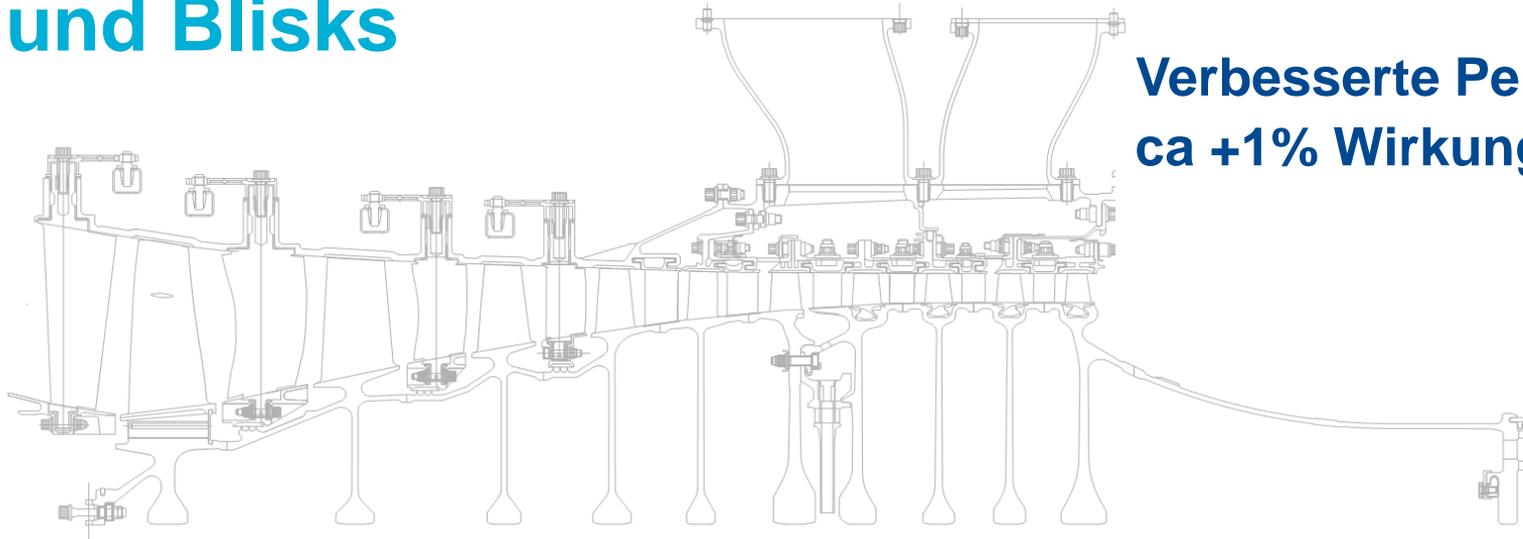
Weiterentwicklung, Mistuning

Untersuchungen:

- Wie schwingen Bliskschaufeln an ihrer jeweiligen Umfangsposition ?
- Welchen Einfluss haben Fertigungsungenauigkeiten auf das Schwingungsverhalten?
- Wie kann man Schwingungsmessungen auf einigen wenigen Schaufeln auf dem Umfang auf die höchstbelastete Schaufel umrechnen?
- Kann man Mistuning als Designparameter nutzen?



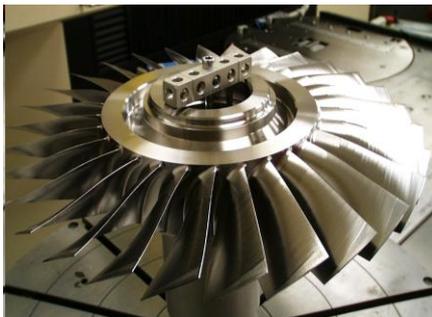
BR725 HPC mit verbesserter Aerodynamik und Blisks



Verbesserte Performance:
ca +1% Wirkungsgrad

Geschweißter Titan-Blisk Frontrotor, basiert auf folgende Erfahrung:

Blisk Technologie in E3EI and E3EII (1996-2005)



Blisk Technologie in Service, BR715 Booster Zugelassen 1998



Blisk Technologie entwickelt für den TP400 Hochdruckverdichter



Blinks im Service

BR715 Flotte erreicht 10 Millionen Flugstunden

- Die Boeing 717 Flotte mit dem BR715 Triebwerk hat im Jahr 2015 10 Millionen Flugstunden erreicht.
- Der Booster des BR715 hatte als erstes ziviles RR Triebwerk einen 2stufigen Booster, der als Blisk ausgeführt wurde.



Blisks am Standort Oberursel

Fertigungsentwicklung:

- Fräsmethoden für Titan- und Nickel-Blisks um geforderte Fertigungszeiten zu erreichen
- Kugelstrahlen der Blisk Schaufeln

Fertigung heute:

- Scheiben und Trommeln für Verdichter der BR710, BR725 und V2500
- Titan- und Nickel-Blisks für BR725, TP400 und Trent XWB84k

Ausblick:

- Blisks für Technologieprogramme für künftige Businessjet Triebwerke
- Hochfahren der Produktion für Blisks neuer Triebwerke XWB97k, T1000-TEN

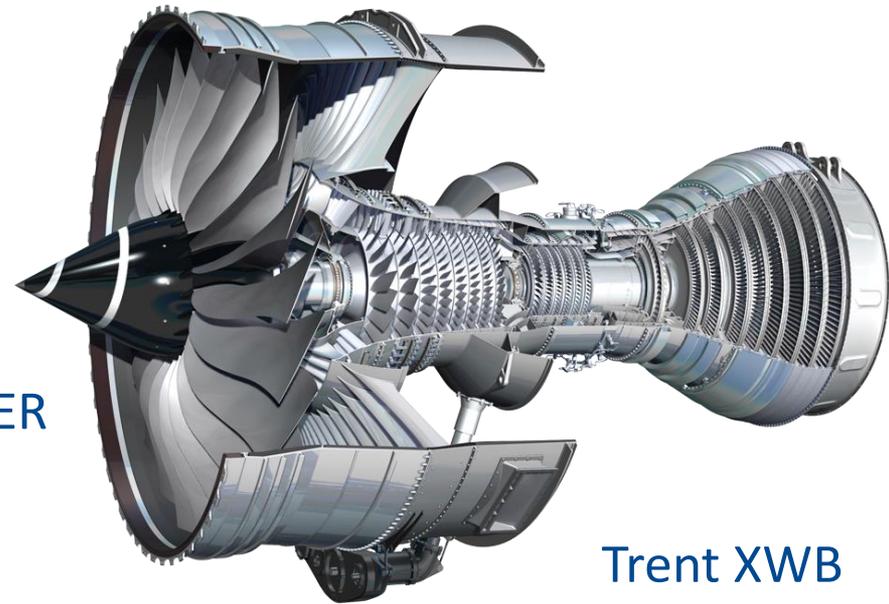


In welchen Flugzeugen sind Blisks heute im Einsatz?

A350-900



G650 ER



Trent XWB



A400M



Rolls-Royce

- **Herausforderung bei Implementierung neuer Technologien**
- **Fruchtbare Zusammenarbeit mit Universitätsnetzwerk**
- **Positive Entwicklung der Produkteigenschaften**
- **Fertigung am Standort Deutschland**
- **Gute Aussichten für weitere Anwendung der Blisk-technologie**