

## **Nachhaltige Regeneration von Flugzeugtriebwerken**

Die Regeneration von komplexen Investitionsgütern, insbesondere die von Flugzeugtriebwerken, ist ein bedeutendes Thema, da diese einen erheblichen Anteil (ungefähr 8 %) der Betriebskosten verursacht [1]. In der Instandsetzung (Regeneration) existiert vielseitiges Verbesserungspotenzial, um diese effizienter und nachhaltiger zu gestalten. Daher erarbeitet der Sonderforschungsbereich (SFB) 871 „Regeneration komplexer Investitionsgüter“ in vier verschiedenen Projektbereichen Grundlagen für die Verbesserung und Optimierung der Regeneration von komplexen Investitionsgütern. Das Ziel des SFB 871 ist durch die Erforschung von wissenschaftlichen Grundlagen Ressourcen einzusparen. Gleichzeitig sollen die funktionalen Eigenschaften der einzelnen Komponenten des Investitionsgutes wiederhergestellt werden, sodass ein möglichst geringer Anteil der gebrauchten Bauteile durch Neuteile ersetzt werden muss. Dieses Ziel entspricht dem der Nachhaltigkeit, bei dem die wesentlichen Eigenschaften eines regenerierbaren Systems während der gesamten Betriebszeit durch Regeneration erhalten bleiben [2]. Das detaillierte Konzept und die Struktur des SFB 871 mit einer Übersicht der einzelnen Teilprojekte wird in der Veröffentlichung von Kleppa et al. [3] und auf der Homepage des SFB [4] erläutert.

Als Anwendungsbeispiel wird das Flugzeugtriebwerk verwendet, da die Module und Komponenten von Triebwerken eine hohe Komplexität hinsichtlich der technischen Wechselwirkungen untereinander sowie zu den Einsatz- und Umgebungsbedingungen aufweisen. Damit ein Bezug zu aktuellen Problemstellungen in der Regeneration vorhanden ist und der wichtige Austausch zwischen Industrie und Forschung stattfindet, arbeitet der SFB 871 mit verschiedenen Industriepartnern zusammen. Die MTU Maintenance ist der größte unabhängige Instandhaltungsdienstleister für zivile Flugtriebwerke; Flaggschiff ist die MTU Maintenance Hannover, die auf eine mehr als 30-jährige Erfahrung im Bereich der Regeneration am Standort Hannover zurückblicken kann. Aufgrund der langjährigen Erfahrung und der hohen Kompetenz in der Neu- und Weiterentwicklung von Verfahren zur Reparatur von Triebwerkskomponenten ist MTU Maintenance ein wichtiger Kooperationspartner.

Um die Regeneration zu optimieren und somit nachhaltig Ressourcen einzusparen, werden im SFB 871 in vier Projektbereichen (A bis D), denen insgesamt 17 Teilprojekte zugeordnet sind, unterschiedliche Forschungsgebiete der Instandsetzung detailliert betrachtet. In dieser Veröffentlichung werden zwei Teilprojekte vorgestellt; zum einen das Teilprojekt (TP) C4 aus dem Projektbereich C, in dem die Einflüsse von produktions- und materialbedingten Varianzen bei der Regeneration einzelner Bauteile untersucht werden, zum anderen das TP D3 des Projektbereiches D. Im Projektbereich D wird die ganzheitliche Steuerung des Regenerationsprozesses weiterentwickelt. Die beiden Projektbereiche greifen folglich unterschiedliche Aspekte der Regeneration auf.

In dem Teilprojekt C4 „Regenerationsbedingte Varianz aeroelastischer Eigenschaften von Turbinenschaufeln“ wird der Fokus auf die Turbinenschaufeln des Triebwerks gelegt, die in hoher Stückzahl im Triebwerk vorhanden sind. Durch die thermische sowie mechanische sehr hohe Belastung weisen die Schaufeln einen häufigen Regenerationsbedarf aufgrund von Verschleiß auf. Im Rahmen von TP C4 werden die bei der Regeneration einer Turbinenschaufel auftretenden geometrischen Varianzen untersucht und deren Einfluss auf das aeroelastische Verhalten der Schaufeln ermittelt. Ziel ist es, die Phänomene zu verstehen und Berechnungsmethoden zur Vorhersage der auftretenden Schaufel-

schwingungen zu entwickeln. Durch diese Methoden sollen größere Toleranzbänder im Betrieb ermöglicht und zugleich die Belastung der Schaufeln verringert werden. Dies hätte eine längere Lebensdauer bei einer gleichzeitig erhöhten Sicherheit vor Schaufelschäden zur Folge.

Das TP D3 „Auswahl effizienter Regenerationsmodi für verschiedene Kundengeschäftsmodelle“ entwickelt algebraisch spezifizierte Entscheidungsmodelle und darauf aufbauende Optimierungsalgorithmen, um die Regenerationsmodi ökonomisch effizient auf alternative Kundengeschäftsmodelle auszurichten. Die Grundannahme im TP D3 ist, dass für die Regeneration komplexer Investitionsgüter verschiedene Reparaturverfahren bzw. -modi existieren. Diese verschiedenen Regenerationsmodi unterscheiden sich einerseits hinsichtlich Ressourceneinsatz, Durchlaufzeit und Kosten. Andererseits bestimmen sie die funktionalen Eigenschaften des regenerierten Investitionsguts, wie bspw. Energieeffizienz oder Lebensdauer. Die Bewertung der alternativen Regenerationsmodi ist daher abhängig vom individuellen Kundengeschäftsmodell. Im TP D3 werden Grundlagen für die Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl der Regenerationsmodi entwickelt, so dass je nach Anforderung des Kunden sowie Zustand des Investitionsguts die optimalen Regenerationsmodi im Sinne von Kosten, Durchlaufzeit, Ressourceneinsatz sowie der Erreichung der geforderten funktionalen Eigenschaften bestimmt werden.

Im Rahmen des Gesamt-SFBs ermöglicht das TP D3, die Ergebnisse aus einzelnen Teilprojekten (bspw. neue Reparaturverfahren) zusammenzuführen und zu kombinieren. Damit wird das Ziel verfolgt, flexiblere, auf die individuellen Kunden zugeschnittene Regenerationspfade für die Durchführung der Regeneration zu entwerfen, da bisher nur wenige Standardfälle für die Instandsetzung einzelner Komponenten zur Verfügung stehen.

#### **Danksagung:**

Die Autoren danken der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die finanzielle Unterstützung zur Durchführung dieses Forschungsvorhabens im Rahmen des SFB 871 "Regeneration komplexer Investitionsgüter".

#### **Schrifttum:**

- [1] O. Rupp; Instandhaltungskosten bei zivilen Strahltriebwerken; DLRK-2001-008
- [2] Deutscher Bundestag, 14. Wahlperiode; Schlussbericht der Enquete-Kommission Globalisierung der Weltwirtschaft – Herausforderungen und Antworten; Drucksache 14/9200; 12. Juni 2002
- [3] O. Kleppa, M. Henke, J. Seume; Verbesserte Nutzung betriebsbeanspruchter Bauteile durch gezielte Regeneration; DLRK-2010-1257
- [4] Internetseite des SFB 871: <http://www.sfb871.de/>

**J. Aschenbruck, J. Seume**

Institut für Turbomaschinen und Fluid-Dynamik (TFD),  
Leibniz Universität Hannover,  
Appelstraße 9, 30167 Hannover, Deutschland

**N. Weidlich**

MTU Maintenance Hannover GmbH  
Muenchner Strasse 31, 30855 Langenhagen, Deutschland

**F. Herde**

Institut für Produktionswirtschaft (PROD)  
Leibniz Universität Hannover  
Königsworther Platz 1, 30167 Hannover, Deutschland



## Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik

### Innovation aus Niedersachsen – Leichtbau und Triebwerkstechnik

J. Aschenbruck, N. Weidlich, F. Herde, J. Seume

DLRK 2011, Bremen

**Sprecher**  
Prof. Dr.-Ing. J. Seume




**Geschäftsführer**  
Dipl.-Ing. J. Aschenbruck







© Leibniz Universität Hannover 2011


	<b>Überblick</b>
<b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b>	➤ Sonderforschungsbereich (SFB) 871
<b>Überblick</b>	➤ MTU Maintenance
SFB 871	➤ Regeneration – Stand der Technik
MTU Maintenance	➤ Gestaltung künftiger Regenerationsprozesse
Stand der Technik	➤ Ansätze im SFB 871
künftige Regenerationsprozesse	• Teilprojekt C4
Ansätze im SFB 871	• Teilprojekt D3
Perspektiven	➤ Perspektiven
<b>Innovation aus Niedersachsen</b> Leichtbau und Triebwerkstechnik	
29. Sept. 2011	
N. Weidlich, J. Aschenbruck Folie 2/18	
	
© Leibniz Universität Hannover 2011	

	<h2>Zielsetzung des SFB 871</h2>
<p><b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b></p>	<p><b>Regeneration von komplexen Investitionsgütern ...</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Anwendungsbeispiel: Flugzeugtriebwerke</li> <li>➤ funktionale Eigenschaften wiederherstellen („regenerieren“) / verbessern</li> <li>➤ werthaltige Komponenten aufarbeiten</li> <li>➤ geringen Anteil durch Neuteile ersetzen</li> </ul>
<p>Überblick  <b>SFB 871</b>          MTU Maintenance          Stand der Technik          künftige Regenerationsprozesse          Ansätze im SFB 871          Perspektiven</p>	 <p>Quelle: MTU Aero Engines</p>
<p>Innovation aus Niedersachsen          Leichtbau und          Triebwerkstechnik          29. Sept. 2011</p>	<p><b>Konzept der Nachhaltigkeit</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Erhaltung der Eigenschaften über die gesamte Betriebszeit</li> <li>➤ Schonung von Ressourcen</li> <li>➤ Regeneration möglichst vieler Bauteile</li> </ul>
<p>N. Weidlich, J. Aschenbruck          Folie 3/18</p> 	
<p>© Leibniz Universität Hannover 2011</p>	

	<h2>Übersicht des SFB 871</h2>
<p><b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b></p>	
<p>Überblick  <b>SFB 871</b>          MTU Maintenance          Stand der Technik          künftige Regenerationsprozesse          Ansätze im SFB 871          Perspektiven</p>	<p><b>Projektbereich A</b>          „Zustandsaufnahme und Befundung“</p> <p><b>Projektbereich B</b>          „Wechselwirkung der Fertigungsprozesse mit funktionalen Produkteigenschaften“</p> <p><b>Projektbereich C</b>          „Berücksichtigung produktions- und materialbedingter Varianz in der Produktentstehung“</p> <p><b>Projektbereich D</b>          „Ganzheitliche Steuerung der Regenerationsprozesse“</p>
<p>Innovation aus Niedersachsen          Leichtbau und          Triebwerkstechnik          29. Sept. 2011</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ insgesamt 17 Teilprojekte</li> <li>➤ finanziert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)</li> <li>➤ mehrere Fachrichtungen beteiligt: Maschinenbau, Bauingenieurwesen, Wirtschaftsingenieurwesen</li> <li>➤ Kooperation folgender Einrichtungen: Leibniz Universität Hannover, Laser Zentrum Hannover, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt</li> </ul>
<p>N. Weidlich, J. Aschenbruck          Folie 4/18</p> 	
<p>© Leibniz Universität Hannover 2011</p>	

	<h2>Zusammenarbeit SFB 871 ↔ MTU Maintenance</h2>	
<p><b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b></p>		
<p>Überblick  <b>SFB 871</b>          MTU Maintenance          Stand der Technik          künftige Regenerationsprozesse          Ansätze im SFB 871          Perspektiven</p>	<p><b>MTU Maintenance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› aktuelle Herausforderungen und Fragestellungen</li> <li>› langjährige Erfahrungen im Bereich der Instandhaltung</li> <li>› hohe Kompetenz in der Neu- und Weiterentwicklung von Reparaturverfahren</li> </ul>	<p><b>SFB 871</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>› Grundlagenforschung zur Optimierung der Regeneration</li> <li>› angewiesen auf realistische Daten</li> <li>› betriebsbeanspruchte Triebwerksteile für Untersuchungen</li> <li>› Veröffentlichung der wissenschaftlichen Ergebnisse</li> </ul>
<p>Innovation aus Niedersachsen          Leichtbau und Triebwerkstechnik          29. Sept. 2011</p>	<p><b>Austausch zwischen Industrie und Forschung</b></p>	
<p>N. Weidlich, J. Aschenbruck          Folie 5/18</p>  <p>© Leibniz Universität Hannover 2011</p>		

	<h2>MTU weltweit</h2>	
<p><b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b></p>		
<p>Überblick  <b>SFB 871</b>          MTU Maintenance          Stand der Technik          künftige Regenerationsprozesse          Ansätze im SFB 871          Perspektiven</p>	 <p><b>MTU Maintenance Canada Ltd.</b></p>	 <p><b>MTU Maintenance Hannover GmbH</b></p>
<p>Innovation aus Niedersachsen          Leichtbau und Triebwerkstechnik          29. Sept. 2011</p>	 <p><b>Ceramic Coating Centre S.A.S. (CCC)</b>          • 50 % MTU          • 50 % Snecma Services</p>	 <p><b>MTU Aero Engines Polska</b></p>
<p>N. Weidlich, J. Aschenbruck          Folie 6/18</p>  <p>© Leibniz Universität Hannover 2011</p>	 <p><b>Vericor Power Systems LLC.</b></p>	 <p><b>MTU Aero Engines GmbH / Headquarters</b></p>
	 <p><b>Airfoil Services Sdn. Bhd. (ASSB)</b>          • 50 % MTU          • 50 % LHT</p>	 <p><b>MTU Maintenance Zhuhai Co. Ltd.</b>          • 50 % MTU          • 50 % China Southern</p>
	<p><b>Joint Ventures</b></p>	




**Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik**

Überblick  
SFB 871  
MTU Maintenance  
Stand der Technik  
künftige Regenerationsprozesse  
Ansätze im SFB 871  
Perspektiven

Innovation aus Niedersachsen  
Leichtbau und Triebwerkstechnik  
29. Sept. 2011





N. Weidlich, J. Aschenbruck  
Folie 7/18



© Leibniz Universität Hannover 2011

## Zivile Instandhaltung im Überblick


Maintenance, Repair & Overhaul (MRO) Dienstleistungen

Großtriebwerke	Kleintriebwerke	Industriegas-turbinen	Zusatzleistungen
<ul style="list-style-type: none"> <li>V2500</li> <li>CFM56-3/-5B/-7</li> <li>CF6-50/-80C2</li> <li>PW2000/PW6000</li> <li>GE90-110B/-115B</li> <li>GP7000<sup>1</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CF34-3/-8/-10E</li> <li>PW200/300/500</li> <li>PT6A</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>LM2500/2500+</li> <li>LM5000</li> <li>LM6000</li> <li>ASE-Serie<sup>2</sup></li> <li>TF-Serie<sup>2</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AOG-/On-Wing-Service</li> <li>Ersatztriebwerke</li> <li>LRU-Management</li> <li>etc.</li> </ul>
			

Entwicklung von MTU<sup>Plus</sup> repairs;  
Reparaturen von Komponenten / Anbaugeräten / LRUs

Integrierte Lösungen: Total Engine Care (TEC<sup>®</sup>) & Total Part Care (TPC<sup>®</sup>)

<sup>1</sup> Niederdruckturbinen (NDT) MRO; <sup>2</sup> Vericor Power Systems




**Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik**

Überblick  
SFB 871  
MTU Maintenance  
Stand der Technik  
künftige Regenerationsprozesse  
Ansätze im SFB 871  
Perspektiven

Innovation aus Niedersachsen  
Leichtbau und Triebwerkstechnik  
29. Sept. 2011

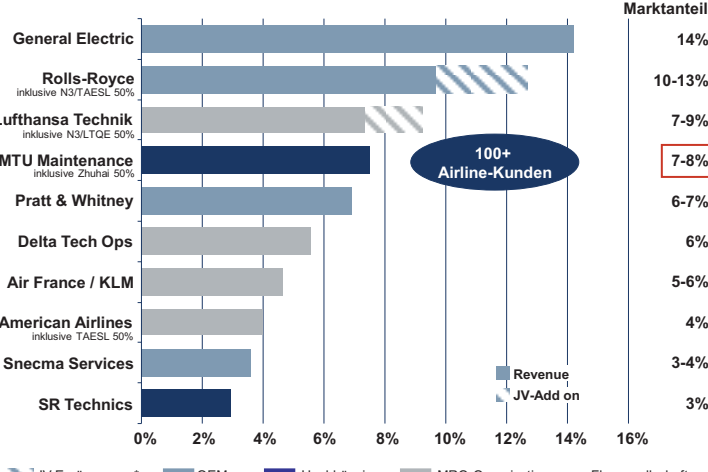
N. Weidlich, J. Aschenbruck  
Folie 8/18



© Leibniz Universität Hannover 2011





## Starke Marktposition – einer der führenden Anbieter ziviler Instandhaltungsdienstleistungen




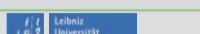
Geschätzter Marktanteil 2009 (Mrd. US\$)



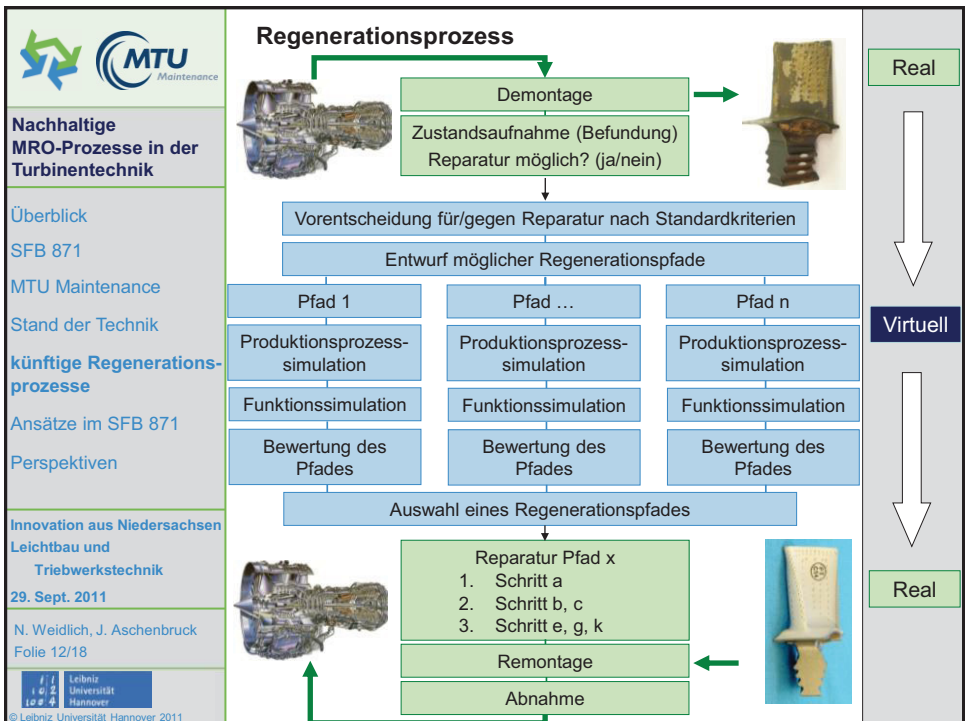
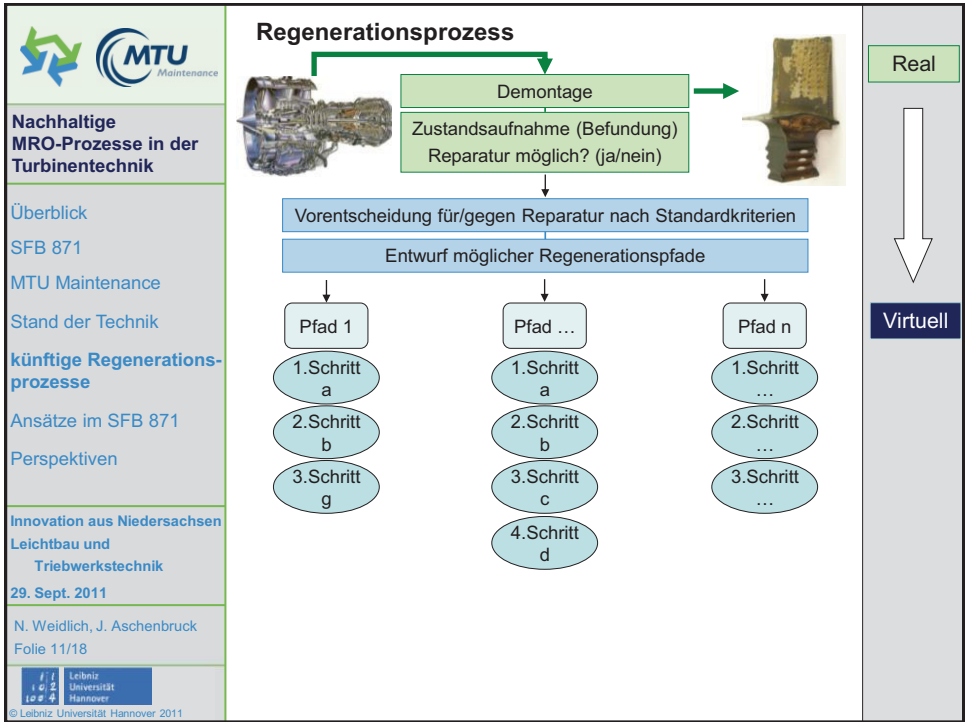
Anbieter	Marktanteil
General Electric	14%
Rolls-Royce (inklusive N3/TAESL 50%)	10-13%
Lufthansa Technik (inklusive N3/LTQE 50%)	7-9%
<b>MTU Maintenance (inklusive Zhuhai 50%)</b>	<b>7-8%</b>
Pratt & Whitney	6-7%
Delta Tech Ops	6%
Air France / KLM	5-6%
American Airlines (inklusive TAESL 50%)	4%
Snecma Services	3-4%
SR Technics	3%


\* Minderheits-JVs bis auf 100% addiert  
 Quelle: AeroStrategy Forecast Initiative 2009; MTU Maintenance Actuals 2009

	<b>Zusammenarbeit MTU Maintenance ↔ SFB 871</b>	
<b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b>		
<b>Überblick</b> SFB 871 <b>MTU Maintenance</b> Stand der Technik künftige Regenerationsprozesse Ansätze im SFB 871 Perspektiven	<b>MTU Maintenance</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Transfer von entwickelten Technologien und Methoden in die Produktion (z.B. Transferprojekte)</li> <li>➤ Qualifizierung der Institute für eine langfristige Partnerschaft im Bereich Forschung und Entwicklung</li> <li>➤ Ausbildung von „Young Professionals“ im Bereich der Luft- und Raumfahrt</li> </ul>	<b>SFB 871</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Entwicklung neuer Ansätze in der Triebwerksreparatur</li> <li>➤ zusätzliche Ausrichtung der Institute auf den Bereich Luft- und Raumfahrt</li> <li>➤ Einstellung von Hochschulabsolventen im Rahmen des SFB mit der Möglichkeit zur Promotion</li> </ul>
<b>Innovation aus Niedersachsen</b> Leichtbau und Triebwerkstechnik 29. Sept. 2011	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #90EE90;"> <b>Austausch zwischen Industrie und Forschung</b> </div>	
N. Weidlich, J. Aschenbruck Folie 9/18		
		
© Leibniz Universität Hannover 2011		

	<b>Gegenwärtige Regeneration</b>	
<b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b>	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1;"> <pre> graph TD     A[Demontage] --&gt; B[Zustandsaufnahme (Befundung) Reparatur möglich? (ja/nein)]     B --&gt; C[Reparatur 1. Schritt a 2. Schritt b 3. Schritt c]     C --&gt; D[Remontage]     D --&gt; E[Abnahme]           </pre> </div> <div style="flex: 1;">  <p>betriebsbeanspruchte Turbinenschaufel (Quelle: TFD)</p>  <p>Brennkammerverschleiß (Quelle: TFD)</p> </div> </div>	
<b>Überblick</b> SFB 871 <b>MTU Maintenance</b> <b>Stand der Technik</b> künftige Regenerationsprozesse Ansätze im SFB 871 Perspektiven	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ hoher Anteil verschrotteter Komponenten („scrap rate“)</li> <li>➤ wenige, unflexible Reparaturverfahren</li> <li>➤ händische, schlecht reproduzierbare Reparatur</li> <li>➤ erfahrungsbasierte Einzelfallentscheidungen</li> <li>➤ geringe Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse aus der Neuentwicklung</li> </ul>	
<b>Innovation aus Niedersachsen</b> Leichtbau und Triebwerkstechnik 29. Sept. 2011		
N. Weidlich, J. Aschenbruck Folie 10/18		
		
© Leibniz Universität Hannover 2011		







**Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik**

Überblick

SFB 871

MTU Maintenance

Stand der Technik

künftige Regenerationsprozesse

**Ansätze im SFB 871**

Perspektiven


Innovation aus Niedersachsen

Leichtbau und Triebwerkstechnik

29. Sept. 2011

N. Weidlich, J. Aschenbruck


Folie 13/18




© Leibniz Universität Hannover 2011

### Teilprojekt C4 – Regenerationsbedingte Varianz aeroelastischer Eigenschaften von Turbinenschaufeln

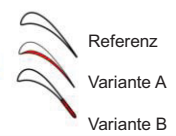
Defekte Schaufel



Reparatur



Varianz der Schaufelgeometrie




Referenz  
Variante A  
Variante B

veränderte aerodynamische & aeroelastische Eigenschaften

**Zielsetzung**

- Untersuchung der Auswirkung regenerationsbedingter Geometrieänderungen
- Vorgabe von Toleranzbänder für die Regeneration von Turbinenschaufeln



**Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik**

Überblick

SFB 871

MTU Maintenance

Stand der Technik

künftige Regenerationsprozesse

**Ansätze im SFB 871**

Perspektiven

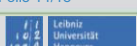
Innovation aus Niedersachsen

Leichtbau und Triebwerkstechnik

29. Sept. 2011

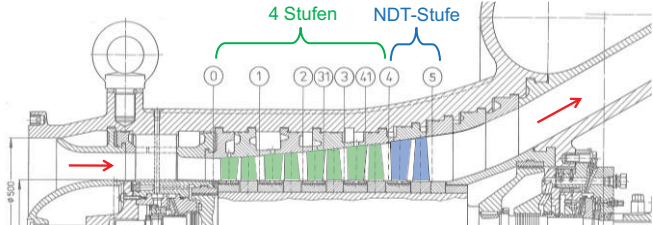
N. Weidlich, J. Aschenbruck

Folie 14/18



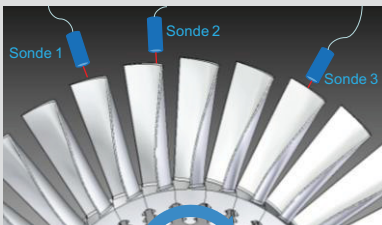
© Leibniz Universität Hannover 2011

### Vorgehen im Teilprojekt C4




Schnittzeichnung der 5-stufigen Luftturbine

- Auslegung einer NDT-Stufe mit triebwerksähnlichen aeroelastischen Eigenschaften für die Luftturbine
- Numerische Simulation des aeroelastischen Verhalten
- Experimentelle Untersuchungen des aeroelastischen Verhaltens
- Vergleich von Numerik Experiment



Schema zur Messung der Schaufelschwingungen




**Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik**

Überblick  
SFB 871  
MTU Maintenance  
Stand der Technik  
künftige Regenerationsprozesse  
Ansätze im SFB 871  
Perspektiven

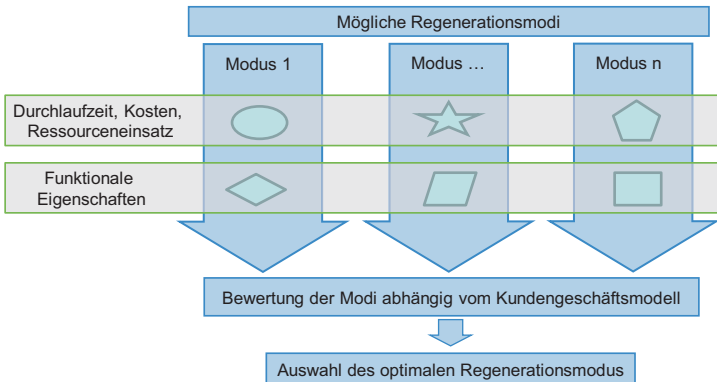
Innovation aus Niedersachsen  
Leichtbau und Triebwerkstechnik  
29. Sept. 2011

N. Weidlich, J. Aschenbruck  
Folie 15/18




© Leibniz Universität Hannover 2011

### Teilprojekt D3 – Auswahl effizienter Regenerationsmodi für verschiedene Kundengeschäftsmodelle



**Zielsetzung**

- Betriebswirtschaftliche Theorie der effizienten Regeneration
- Entscheidungsunterstützung zur kundengeschäftsmodell-spezifischen
  - Einplanung der Aufträge
  - Auswahl der Regenerationsmodi




**Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik**

Überblick  
SFB 871  
MTU Maintenance  
Stand der Technik  
künftige Regenerationsprozesse  
Ansätze im SFB 871  
Perspektiven

Innovation aus Niedersachsen  
Leichtbau und Triebwerkstechnik  
29. Sept. 2011

N. Weidlich, J. Aschenbruck  
Folie 16/18



© Leibniz Universität Hannover 2011

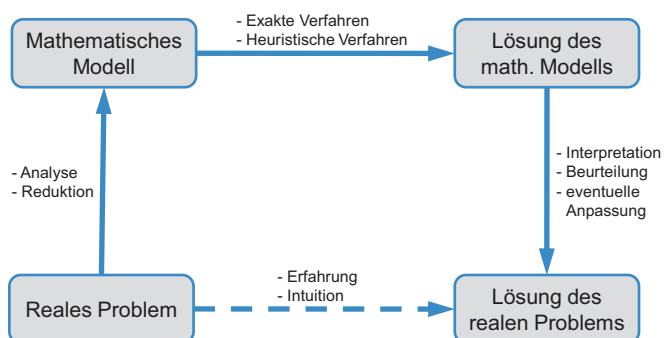
### Vorgehen im Teilprojekt D3

➤ Entwicklung mathematischer Entscheidungsmodelle



➤ Entwicklung exakter oder heuristischer Lösungsverfahren

➤ Angestrebte Ergebnisse

- Methode zur Auswahl effizienter Regenerationsmodi
- Ausrichtung der Regeneration auf Geschäftsmodell des Auftraggebers
- Aussagen über Aufwand und Güte der Lösungsverfahren



**Allgemeine Vorgehensweise zur Lösung eines Problems**

	<h2>Langfristige Perspektiven</h2>
<p><b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b></p>	<p><b>Künftige Verbesserungen des Regenerationsprozesses:</b></p>
<p>Überblick SFB 871 MTU Maintenance Stand der Technik künftige Regenerationsprozesse Ansätze im SFB 871 <b>Perspektiven</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ frühzeitige Kenntnis des Zustandes</li> <li>➤ kontinuierliche Berücksichtigung der erlangten Erkenntnisse</li> <li>➤ verbesserte Verfahren der Regeneration</li> <li>➤ modellbasierte Vorhersage der funktionalen Eigenschaften unter Berücksichtigung der             <ul style="list-style-type: none"> <li>• erhöhten Varianz</li> <li>• Wechselwirkungen zwischen den regenerierten Werkstücken</li> </ul> </li> <li>➤ regelbasierte Entscheidungen für die Auswahl des optimalen Regenerationspfades</li> </ul>
<p>Innovation aus Niedersachsen Leichtbau und Triebwerkstechnik 29. Sept. 2011</p>	
<p>N. Weidlich, J. Aschenbruck Folie 17/18</p>	
 <p>© Leibniz Universität Hannover 2011</p>	

					
<p><b>Nachhaltige MRO-Prozesse in der Turbinentechnik</b></p>					
	<div data-bbox="571 1279 1091 1386" style="background-color: #cccccc; padding: 10px; margin: 0 auto; width: 80%;"> <h2 style="margin: 0;">Vielen Dank</h2> <h3 style="margin: 0;">für Ihre Aufmerksamkeit!</h3> </div>				
<p>Innovation aus Niedersachsen Leichtbau und Triebwerkstechnik 29. Sept. 2011</p>					
<p>N. Weidlich, J. Aschenbruck Folie 18/18</p>	<p><b>Für weitere Fragen stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung:</b></p>				
 <p>© Leibniz Universität Hannover 2011</p>	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p><b>Dr.-Ing.</b> <b>Nils Weidlich</b></p> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>0511 7806-4496 <a href="mailto:Nils.WEIDLICH@mtu.de">Nils.WEIDLICH@mtu.de</a> <a href="http://www.mtu.de/">http://www.mtu.de/</a></p> </td> </tr> <tr> <td style="vertical-align: top;"> <p><b>Dipl.-Ing.</b> <b>Jens Aschenbruck</b></p> </td> <td style="vertical-align: top;"> <p>0511 762-17855 <a href="mailto:aschenbruck@tfd.uni-hannover.de">aschenbruck@tfd.uni-hannover.de</a> <a href="http://www.sfb871.de/">http://www.sfb871.de/</a></p> </td> </tr> </table>	<p><b>Dr.-Ing.</b> <b>Nils Weidlich</b></p>	<p>0511 7806-4496 <a href="mailto:Nils.WEIDLICH@mtu.de">Nils.WEIDLICH@mtu.de</a> <a href="http://www.mtu.de/">http://www.mtu.de/</a></p>	<p><b>Dipl.-Ing.</b> <b>Jens Aschenbruck</b></p>	<p>0511 762-17855 <a href="mailto:aschenbruck@tfd.uni-hannover.de">aschenbruck@tfd.uni-hannover.de</a> <a href="http://www.sfb871.de/">http://www.sfb871.de/</a></p>
<p><b>Dr.-Ing.</b> <b>Nils Weidlich</b></p>	<p>0511 7806-4496 <a href="mailto:Nils.WEIDLICH@mtu.de">Nils.WEIDLICH@mtu.de</a> <a href="http://www.mtu.de/">http://www.mtu.de/</a></p>				
<p><b>Dipl.-Ing.</b> <b>Jens Aschenbruck</b></p>	<p>0511 762-17855 <a href="mailto:aschenbruck@tfd.uni-hannover.de">aschenbruck@tfd.uni-hannover.de</a> <a href="http://www.sfb871.de/">http://www.sfb871.de/</a></p>				