

# »MAINTENANCE, REPAIR AND OVERHAUL IN ENERGIE UND VERKEHR«



**mro**

Institutsleiter Fraunhofer IPK  
Director Fraunhofer IPK  
Prof. Dr. h. c. Dr.-Ing. Eckart Uhlmann



## »MAINTENANCE, REPAIR AND OVERHAUL IN ENERGIE UND VERKEHR«

Fraunhofer-Innovationscluster bestehen aus einer Kooperation von Wissenschaft, Wirtschaft und Politik zur Sicherung der langfristigen Zusammenarbeit und des Wissensaustausches in einer Region. Der Fraunhofer-Innovationscluster »Maintenance, Repair and Overhaul in Energie und Verkehr« hat zum Ziel, ressourcenschonende und energieeffiziente MRO-Prozesse und -Technologien zu erarbeiten und nachhaltig in der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg zu etablieren.

Der finanzielle Umfang des Clusters von mehr als 15 Mio. € wird über einen Zeitraum von drei Jahren in etwa zu je einem Drittel von der Fraunhofer-Gesellschaft, den Ländern Berlin und Brandenburg und den beteiligten Unternehmen im Rahmen von Projekten bereitgestellt.

MRO - Maintenance, Repair and Overhaul hat eine zunehmende betriebs- und volkswirtschaftliche Bedeutung. Bei Produkten und Gütern mit hohen Investitionskosten und langer Lebensdauer wird über After-Sales-Services ein erheblicher Teil des Unternehmensgewinns erwirtschaftet. Dies betrifft insbesondere die Branchen Energie und Verkehr, die seit jeher in der Region Berlin/Brandenburg verwurzelt sind und eine besondere Stärke haben.

Im Laufe des Produktlebens fallen neben ständiger und planbarer Wartung weitgehend unvorhersehbare Reparaturen an. Bei einer Überholung kann das Produkt nicht nur in einen neuwertigen Zustand versetzt, sondern über den ursprünglichen Auslieferungszustand hinaus auf ein aktuelles technisches und wirtschaftliches Niveau gehoben werden. MRO-Prozesse leisten damit einen erheblichen Beitrag zur Ressourcenschonung und Energieeffizienz und realisieren gleichzeitig ökonomische Vorteile.

Seitens der Forschung und Entwicklung finden Aufgaben und Fragestellungen des MRO bisher zu wenig Beachtung. Es existieren ein geringer wissenschaftlicher Hintergrund und in Unternehmen ein hohes technologisches wie wirtschaftliches Optimierungspotenzial. Hier wird der Fraunhofer-Innovationscluster MRO in Energie und Verkehr ansetzen.

Fraunhofer innovation clusters stand for cooperation between the fields of science, economics and politics, the aim being to secure the long-term interaction and exchange of knowledge within a given region. The Fraunhofer innovation cluster »Maintenance, Repair and Overhaul (MRO) in Energy and Transport« aims at introducing and establishing resources-protecting and energy-efficient MRO processes and technologies on a permanent basis in the capital region of Berlin/Brandenburg. The financial resources available to the cluster - more than € 15 million - will be provided over a period of three years by the Fraunhofer-Gesellschaft, the states of Berlin and Brandenburg and the participating companies, with each of these groups providing roughly a third of this sum within the context of various projects.

MRO - Maintenance, Repair and Overhaul is acquiring an increasing commercial and socio-economic significance. For products and goods characterized by high investment costs and long useful lifetimes, a considerable portion of commercial profits are made through after-sale services. This applies in particular to the energy and transport sections, which have a long tradition in the region of Berlin/Brandenburg and are thus particularly strong.

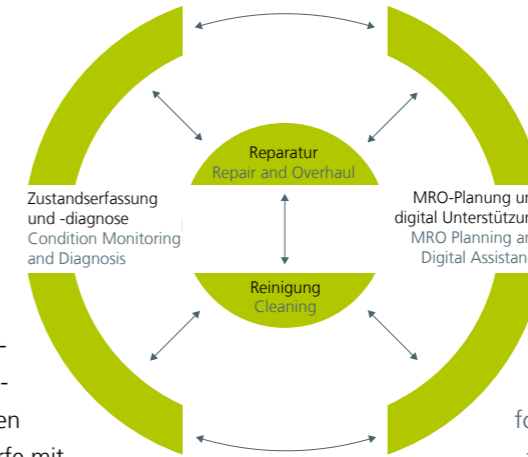
Not only continuous and scheduled servicing and maintenance work are required, but also unforeseeable repairs are necessary during the useful life of a product. An overhaul can only restore the product to its original condition, but also incorporate improvements that bring it up to date with the latest technical and economic developments. MRO processes thereby make a significant contribution towards preserving resources and enhancing energy efficiency, while at the same time bringing economic benefits.

From a research and development standpoint, too little attention has been paid until now to tasks and approaches involving MRO. The field thus has a limited scientific background, despite the high potential in the business sector for technological and scientific optimization. It is here that the Fraunhofer innovation cluster MRO in Energy and Transport will be applied.



## MRO-INNOVATIONSFELDER/ FIELDS OF INNOVATION

Aus den Anforderungen der beteiligten Unternehmen sind die vier MRO-Innovationsfelder abgeleitet worden. Reinigung und Reparatur sind Kernbestandteile von Maintenance, Repair and Overhaul. Die beiden Innovationsfelder Zustandserfassung & -diagnose sowie MRO-Planung und digitale Unterstützung bilden den Rahmen der MRO-Tätigkeiten. Bedarfe mit besonderer Querschnittswirkung werden in definierten Projekten umgesetzt, um Lösungen zu erarbeiten.



The four MRO fields of innovation have been derived from the requirements of the participating companies. Cleaning and Repair and Overhaul Technologies are core features of Maintenance, Repair and Overhaul. Condition Monitoring and Diagnosis, MRO Planning and Digital Assistance form the statutory framework of the MRO activities. Requirements with pronounced cross-sectional effects will be implemented in well-defined projects, in order to arrive at adequate solutions.

### Zustandserfassung und -diagnose

- Wartungsintervalle dynamisieren
- Lebensdauer besser ausschöpfen
- Anlagenverfügbarkeit erhöhen
- Lebenszykluskosten senken

### MRO-Planung und digitale Unterstützung

- Digitale modellbasierte MRO
- Wirtschaftlichkeit von MRO-Prozessen
- Robustheit der MRO-Planung
- MRO-bezogenes Informationsmanagement

### Reinigung

- Reinigungsstrategien
- Anlagentechnik und Prozesse
- Flexible und ökoeffiziente Reinigungsverfahren

### Reparaturtechnologien

- Strategien zur Erhöhung des Automatisierungsgrades
- Flexibilität von Reparaturverfahren
- Rapid Manufacturing von Ersatzteilen und Baugruppen
- Verlängerung der Bauteillebensdauer durch Einsatz widerstandsfähiger Werkstoffe und Schutzschichten

### Condition Monitoring and Diagnosis

- Intensifying service intervals
- Better lifespan exploitation
- Increasing plant availability
- Decreasing life-cycle costs

### MRO Planning and Digital Assistance

- Digital model-based MRO
- Efficiency and effectiveness of MRO processes
- Enhancing the robustness of MRO planning
- Optimizing MRO-related information management

### Cleaning

- Developing cleaning strategies
- Optimizing plant technology and processes
- Establishing flexible and ecologically cleaning processes

### Repair and Overhaul Technologies

- Strategies for increasing the level of automation
- Flexibility of repair processes
- Concepts for rapid manufacturing of spare parts and structural components
- Increasing the useful life of structural components by using more-wear-resistant materials and protective layers

## MRO-INNOVATIONSFELDER / MRO FIELDS OF INNOVATION

Die genaue Kenntnis des Zustands von Anlagen ist die Basis für die Optimierung von Wartung und Instandhaltung.

Precise information on the status of equipment serves as the basis for the optimization of maintenance and repair procedures.

*Eckhard Hohwieler, Fraunhofer IPK*

Die Durchgängigkeit der digitalen Prozesskette zwischen Produktentstehung, Betrieb und MRO-Aktivitäten ist eine wichtige Grundlage für die effiziente MRO-Planung und digitale Unterstützung.

The continuity of the digital process chain between product development, operation and MRO activities is an important prerequisite for efficient MRO planning and digital support.

*Patrick Müller, Fraunhofer IPK*

### Zustandserfassung- und diagnose

Die Zustandserfassung und -diagnose umfasst die kontinuierliche, systemintegrierte Erfassung des aktuellen Anlagen- und Komponentenzustandes. In besonderem Maße sicherheitsrelevant ist hier die Rissprüfung von Radsätzen und Wellen und zunehmend die Durchdringung mit leistungselektronischen Systemen. Innovative Prüfverfahren sollen entwickelt werden, um den Zustand der Anlagen zu erfassen, den optimalen Wartungszeitpunkt abzuleiten und die Restlaufzeit einzelner Baugruppen oder ganzer Anlagen abzuschätzen. Beispielsweise liefert Condition Monitoring als Mittel für die zustandsbasierte Wartung zukünftig wichtige Informationen über den Zustand der Anlagen. Es trägt dazu bei, die Lebensdauer besser ausschöpfen, Wartungsintervalle verlängern, Ausfälle aufgrund ungeplanter Wartungsarbeiten vermeiden und damit die Gesamtverfügbarkeit von Anlagen erhöhen zu können.

#### Forschungsansätze

- Zustandsabhängige Wartung mittels Condition Monitoring
- Data Mining und Nutzung vorhandener Daten
- Energieautarke Erfassungssysteme
- Prognose der Restlebensdauer von Bauteilen anhand Einsatzhistorie und des zukünftig erwarteten Einsatzes
- Zerstörungsfreies Prüfen, Prüfen auf Risse und Beschädigungen
- Neue mobile Prüfverfahren

### Condition Monitoring and Diagnosis

Status assessment and diagnosis encompasses the continuous, system-integrated recording of the current status of the plant and structural components. Checks for fissures and flaws in wheelsets and shafts, increasingly with the help of high-performance electronic systems, are particularly important from a safety standpoint. Innovative inspection procedures should be developed to assess the condition of the plant, identify the ideal servicing time and assess the remaining useful life of individual structural components or of an entire plant. For example, condition monitoring provides useful information on the state of the plant which help to decide on future condition-based service times. It thereby contributes towards better exploitation of the useful lifespan, extends service intervals, avoids operational interruptions due to unscheduled maintenance work and enhances the overall availability of the plant.

#### Areas of Research

- Condition Monitoring
- Development of a robust flaw-testing process without preliminary cleaning or de-coating procedures
- Further development of wheelset measurement for railway vehicles in terms of profile, concentricity and gauge, and extension to other components
- Simulation of the remaining useful life on the basis of the product-lifespan data recorded
- Autonomous micro-systems for condition diagnosis
- Models for failure forecasts for electronics

### MRO-Planung und digitale Unterstützung

Methoden und Werkzeuge sind für verschiedene Handlungsfelder im MRO-Bereich zu entwickeln, zur effizienteren Nutzung der Potenziale virtueller Technologien in der Praxis. Beispielsweise könnten Zugriffe auf wichtige Lebenszyklus- und MRO-Informationen beschleunigt, Schnittstellenkonflikte zwischen verschiedenen Multiplayer-Systemen beseitigt oder Fernwartungsarbeiten mit mobilen Telekooperationsgeräten über schmalbandige Verbindungen ermöglicht werden. Neue Lösungen werden geraucht, um Papierzeichnungen, Baugruppen und komplexe Produkte sowie Anlagen mit geringem Aufwand in 3D-Modelle zu überführen. Systematische und bedarfsorientierte MRO-Planung und -Unterstützung sowie schnellere Reaktion bei wechselnden Produktzuständen sind Ansätze, um Kostensenkungen zu erzielen. Weiterhin ließen sich gegebenenfalls Maschinenstillstandzeiten mit einer globalen MRO-Bestandssteuerung für Ersatzteile minimieren, Schulungszeiten verkürzen und MRO-Prozesse schneller und fehlerfrei durchführen.

#### Forschungsansätze

- MRO-Assistenzsystem und Absicherungswerkzeuge
- Adaptive MRO-Prozessplanung
- MRO-Informations- und Konfigurationsmanagement
- Kollaborationswerkzeuge für MRO
- Mobiler digitaler MRO-Assistent
- Reverse Engineering für MRO
- Langzeitverfügbarkeit von Elektronik

### MRO Planning and Digital Assistance

There is a need to develop new processes, methods and tools for MRO applications, in order to exploit the potential of virtual technologies for MRO optimization in practice. For instance, solutions for fast access to information on important lifecycle phases and MRO activities, solutions to interface conflicts between various multi-player systems, or to enable remote-servicing with mobile tele-cooperation devices via narrow-band connection are addressed. In addition, solutions to depict paper drawings, structural components and complex products and plants in 3D models at little cost and efforts are in our scope. A further topics are cost reduction, systematic and requirement-oriented MRO planning and assistance, as well as fast reactions to changes in product conditions. Furthermore, new and smart global MRO component control systems for spare parts could help to reduce machine stoppages and downtimes. Finally, there is potential to shorten training times and to speed up MRO processes implements without failure.

#### Areas of Research

- MRO assistance system and safety tools
- Adaptive MRO process planning
- MRO information and configuration management
- Collaboration tools for MRO
- Mobile digital MRO assistant
- Reverse engineering for MRO
- Long-term availability of electronics

## MRO-INNOVATIONSFELDER / MRO FIELDS OF INNOVATION



Reinigung ist ein fester Bestandteil jedes MRO-Prozesses, ohne die Inspektion, Befunden und Reparatur oft nicht durchführbar sind.

Cleaning is an inherent part of each MRO process, without which inspection, diagnostic reporting and repair are often infeasible.

*Martin Bilz, Fraunhofer IPK*



Reparaturtechnologien sollten so zuverlässig wie Roboter und so flexibel wie der Mensch sein.

Repair and Overhaul Technologies should be as reliable as robots and as flexible as humans.

*Dr.-Ing. Bart van Duikeren, Fraunhofer IPK*



### Reinigung

Die Reinigung von Maschinen und Anlagen nimmt eine zentrale Stellung im MRO-Prozess ein. Dabei sind sowohl die Reinigungsverfahren als auch die Anwendungsbereiche breit gefächert. Für die Reinigung aus optischen Gründen, wie der Entfernung von Graffiti, besteht insbesondere bei Schienenverkehrsunternehmen ein hoher Bedarf. Die präventive Reinigung ist zur Bewahrung der Funktion oder des Wirkungsgrades notwendig. Kostspielige Ausfälle und Reparaturen von Maschinen und Anlagen werden vermieden beziehungsweise reduziert. Reinigung als Reparatur- oder Fertigungsverfahren ist vor allem bei der Entfernung von Funktionsschichten erforderlich. In allen drei Feldern sollen flexible und ökoeffiziente Verfahren entwickelt und etabliert werden.

#### Forschungsansätze

- Miniaturisierung von Anlagen- und Inspektionstechnik
- Reinigung spannungsführender Anlagen
- Reinigung von Triebwerkskomponenten
- Reinigung von Altwassersystemen in Verkehrsmitteln (Rohr-Innenreinigung)
- Graffiti-Entfernung
- Entfernen von Störschichten vor der Bauteilprüfung
- Entfernen von Funktionsschichten zur Wiederbeschichtung

### Cleaning

The cleaning of machinery and plant plays a central role in the MRO process. Both the cleaning procedures and the field of applications are wide-ranging. The need for cleaning for optical reasons, as in the removal of graffiti, is highly pronounced in the railway transport businesses. Preventive cleaning, geared to preservation of functioning or of effectiveness, is also essential. Expensive stoppages and repairs of machinery and plants can be avoided or at least reduced. Cleaning as a repair or manufacturing procedure is required particularly in connection with the removal of functional layers. In all three of these fields, flexible and ecologically efficient procedures will be developed and established.

#### Areas of Research

- Miniaturizing of plant and inspection technology
- Cleaning of voltage-carrying plant
- Cleaning of engine components
- Cleaning of old-water transport systems (internal pipe-cleaning)
- Removal of graffiti
- Removal of defective layers prior to checking of the component
- Removal of functioning layers prior to re-coating

### Reparaturtechnologien

Vorgänge in der Wartung und Instandhaltung sind im Gegensatz zur Neufertigung deutlich schlechter vorhersehbar. So wird die Reparatur von langlebigen Investitionsgütern meistens am Einzelstück vor Ort zu einem vorab unbestimmten Zeitpunkt durchgeführt, während die Fertigung vorwiegend in Serienfertigung in einer Produktionshalle zu einem festgelegten Zeitpunkt stattfindet. Dementsprechend wird bei der Bewertung und Entwicklung neuer Reparaturtechnologien eine besonders hohe Flexibilität und Adaptivität des Verfahrens gefordert.

#### Forschungsansätze

- Vor-Ort-Reparatur mit mobilen Bearbeitungsmaschinen
- Rapid Manufacturing von Ersatzteilen
- Flexible MRO-gerechte Spannsysteme
- Konturwiederherstellung durch Reparaturschweißen
- Nachbearbeitung von Funktionsflächen
- Reparatur dünnwandiger Bauteile
- Prozessautomatisierung
- Zuverlässigkeit von Reparaturverfahren und Aufarbeitungskonzepten für elektronische Baugruppen
- On-wing Reparatur

### Repair and Overhaul Technologies

In contrast to new-production processes, service and maintenance procedures are far less foreseeable or predictable. This is why the repair of long-term machinery investments are usually undertaken on-site and at a time that is essentially non-specified in advance, whereas new manufactures are generally undertaken in series production in a production hall at a pre-specified time. The valuation and development of new repair technologies therefore requires flexibility and highly adaptive procedures.

#### Areas of Research

- On-site repair employing modern processing machinery
- Rapid manufacturing of spare parts
- Flexible MRO-appropriate clamping systems
- Contour renewal by means of repair-welding
- Reworking of functional areas
- Repair of thin-walled components
- Process automation
- Reliability of repair procedures and refurbishing concepts for electronic components
- On-wing repair

## PARTNER

Im Fraunhofer-Innovationscluster »Maintenance, Repair and Overhaul in Energie und Verkehr« kooperieren Wissenschaft, Wirtschaft und Politik der Hauptstadtregion Berlin/Brandenburg mit dem Ziel, Kompetenzen zu bündeln und erfolgreich in den Märkten zu agieren. Zu den Gründungspartnern gehören:

### Forschungspartner

- Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik IPK
- Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM
- Institut für Land- und Seeverkehr, TU Berlin
- Institut für Luft- und Raumfahrt, TU Berlin
- Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb, TU Berlin
- Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- Brandenburgische Technische Universität Cottbus

### Industriepartner

- Airbus Deutschland
- Alstom Power Service
- Amovis
- Berliner Stadtreinigungsbetriebe
- Berliner Verkehrsbetriebe
- DB Mobility Fernverkehr
- Fuss EMV
- Havelländische Eisenbahn
- Hegenscheidt-MFD
- Heidelberger Druckmaschinen
- MAN-Turbo
- MTU Maintenance
- Rolls-Royce Deutschland
- Siemens Energy Sector

BEI INTERESSE AN EINER KOOPERATION WENDEN SIE SICH BITTE AN UNSERE ANSPRECHPARTNER.

## PARTNERS

In the Fraunhofer innovation cluster »Maintenance, Repair and Overhaul in Energy and Transport« there is cooperation between the fields of science, economics and politics in the capital region of Berlin/Brandenburg aimed at bundling various spheres of competence for successful engagement and application in the market. The founding partners include:

### Research Institutes

- Fraunhofer Institute for Production Systems and Design Technology IPK
- Fraunhofer Institute for Reliability and Microintegration IZM
- Institut for Land and Sea Transportation, TU Berlin
- Aerospace Institute, TU Berlin
- Institut for Machine Tools and Factory Management, TU Berlin
- Federal Institute for Materials Research and Testing
- Brandenburg University of Technology Cottbus

### Industrial Companies

- Airbus Deutschland
- Alstom Power Service
- Amovis
- Berliner Stadtreinigungsbetriebe
- Berliner Verkehrsbetriebe
- DB Mobility Fernverkehr
- Fuss EMV
- Havelländische Eisenbahn
- Hegenscheidt-MFD
- Heidelberger Druckmaschinen
- MAN-Turbo
- MTU Maintenance
- Rolls-Royce Deutschland
- Siemens Energy Sector

IF YOU ARE INTERESTED IN PARTICIPATING, PLEASE DO NOT HESITATE TO CONTACT US VIA THE GIVEN ADDRESS.

### Kontakt / Contact

Fraunhofer-Innovationscluster  
MRO in Energie und Verkehr  
Fraunhofer Innovation Cluster  
MRO in Energy and Transport

### Ansprechpartner / Contact



Dipl.-Ing. Markus Röhner  
Phone: +49 30 39006-279  
markus.roehner@ipk.fraunhofer.de

### Marketing / Marketing

Jeannette Behrendt M.A.  
Phone: +49 30 39006-351  
jeannette.behrendt@ipk.fraunhofer.de

### Geschäftsstelle / Agency

Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen  
und Konstruktionstechnik IPK  
Pascalstraße 8-9  
10587 Berlin  
www.ipk.fraunhofer.de  
www.innovationscluster-mro.de

### Impressum / Imprint

### Redaktion / Editors

Jeannette Behrendt  
Steffen Pospischil

### Gestaltung / Layout

Konstantin Heß

### Fotos / Photos

Fraunhofer IPK  
Marcela Barsse / iStockphoto  
Siemens AG  
Rainer Sturm / Pixelio  
Sven Taubert / iStockphoto

