

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften

Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh | Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart | Technische Universität München | [www.iwb.tum.de](http://www.iwb.tum.de)

## Agiles Engineering und digitale Werkzeuglandschaften

**Die sich wandelnden Anforderungen an effiziente Maschinen und Anlagen fordern innovative Methoden und Werkzeuge. Am iwb wurden daher der mechatronische Entwicklungsprozess systematisiert und im Rahmen von Forschungsarbeiten die Methodiken des agilen Engineerings sowie der digitalen Werkzeuglandschaften entwickelt.**

Die Kennzeichen mechatronischer Maschinen und Anlagen sind aufgrund der Integration mechanischer, elektrischer und steuerungstechnischer Systeme eine hohe Funktionalität und Komplexität. Für die Entwicklung dieser Systeme bedarf es eines ganzheitlichen und integrierten Vorgehens, wobei die Kommunikation und Kooperation zwischen den Disziplinen zentrale Herausforderungen sind. Hierzu sind bestehende Methoden und Werkzeuge an die gewandelten An-

forderungen der modernen Produktentwicklung anzupassen.

### EUREKA-MEPROMA

Zu diesem Zweck widmete sich das iwb im Projekt „EUREKA-MEPROMA“

- der Evaluation bestehender Lösungsansätze für das mechatronische Engineering,
- der Identifikation von methodischen und technischen Lücken
- sowie der Erarbeitung innovativer Ideen, Konzepte und Lösungsansätze.

Um ein breites Spektrum an Branchen und Unternehmensgrößen abzubilden, bündelte das Konsortium nationale und internationale Anwenderunternehmen. Aus den praxisbezogenen Anwendungsfällen wurden die Best Practices der Branche abgeleitet und in einem Referenzmodell für mechatronische Entwicklungsprozesse des Maschinen- und Anlagenbaus konsolidiert. Dieses ist in charakteristische Prozessgebiete, Aktivitäten und Aktionen untergliedert, die die spezifischen Aufgaben und Tätigkeiten eines mechatronischen Entwicklungsprozesses widerspiegeln.

Die detaillierten Ergebnisse des Projektes sind als Leitfaden „MEPROMA – An-

### EDITORIAL

Liebe Leserinnen und Leser,

sicherlich sind Ihnen die Vorgehensmodelle der Produktentwicklung nach VDI 2221, das Münchener Vorgehens-Modell, das V-Modell oder das Quality-Gate-Modell geläufig. Viele produzierende Unternehmen setzen auf einen solchen Standard, der als grundlegende Basis eines jeden Produktentstehungsprozesses gilt. Eine effiziente Produktion setzt vor allem eine geordnete Entwicklung voraus, da diese einen maßgeblichen Anteil der Herstellungskosten eines Produktes festlegt. Bieten die genannten Standards für die sich wandelnden Anforderungen an unsere Produkte noch genügend Unterstützung?

„Nein“ lautet die Meinung vieler Vertreter aus Industrie und Forschung. Aufgrund der veränderlichen Rahmenbedingungen seitens Markt und Technologie gilt eine phasen- und prozessorientiertere Entwicklung als nicht mehr zeitgemäß. Stattdessen wird der Bedarf an leichtgewichtigen Ansätzen immer größer, die an die spezifischen Rahmenbedingungen des Anwendungsfalls individuell adaptierbar sind und disziplinübergreifend eingesetzt werden können.

Diese agilen Vorgehensmodelle haben sich in der Softwareentwicklung bereits erfolgreich etabliert. Sie zeichnen sich durch ein flexibles und transparentes



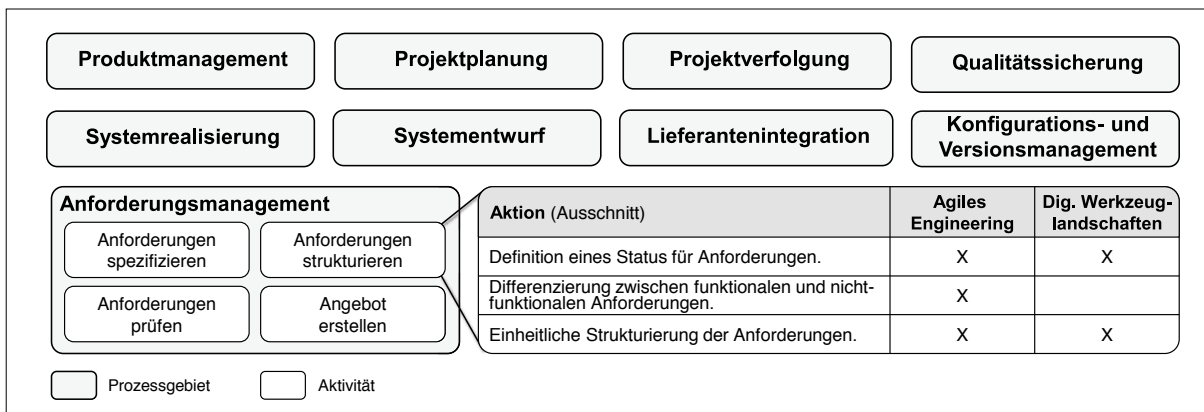
Vorgehen eines interdisziplinären Teams aus und stellen Produkt und Mensch in den Mittelpunkt. Charakteristisch sind vor allem die iterativen Entwicklungszeiträume, in denen bereits fertiggestellte Funktionalitäten, sog. Produktinkremente, an den Kunden ausgeliefert werden. In diesem Zusammenhang gilt insbesondere Scrum als ein de-facto-Standard, der auch für den Maschinenbau erhebliche Nutzenpotenziale verspricht. Scrum (Gedränge) ist übrigens eine Anleihe aus dem Rugby.

Bislang mangelt es aber an Erfahrung, wie die agilen Techniken, d.h. Artefakte (z.B. Entwicklungsheft), Hilfsmittel (z.B. Task Board) und Rollen (z.B. Produktmanager) von Scrum in einem produzierenden Unternehmen eingesetzt werden können. Die Aktivitäten am iwb und bei der Fraunhofer Projektgruppe RMV konzentrieren sich daher auf den systemati-

schon Einsatz von Scrum als Framework für die Entwicklung mechatronischer Systeme. Hierzu wurde eine Methodik entwickelt, um den spezifischen Agilitätsgrad für ein produzierendes Unternehmen zu ermitteln und geeignete agile Techniken zielgerichtet in den mechatronischen Entwicklungsprozess zu integrieren. Der erwartete Nutzen führt nach Erfahrung aus bereits durchgeführten prototypischen Umsetzungen zu Verkürzungen der Lieferzeit, zur Erhöhung der Kundenzufriedenheit sowie zu Kostensenkungen im zweistelligen Prozentbereich.

Die Strategie des agilen Engineerings wird derzeit als erste Forschungsarbeit eines umfassenden Vorgehens an der Schnittstelle zwischen mechatronischen Entwicklungsprozessen und agilen Vorgehensmodellen an iwb und RMV wissenschaftlich durchdrungen und publiziert. Inwiefern Sie persönlich und Ihr Unternehmen von einem agilen Engineering profitieren können, erfahren Sie neben weiteren Trends der modernen Produktentwicklung in diesem Newsletter. Wir wünschen Ihnen viel Spaß beim Lesen!

Ihr Gunther Reinhart und Ihr Michael Zäh



forderungen und Methoden im mechatronischen Engineering“ durch den VDMA-Verlag veröffentlicht. In diesem Kontext knüpfen die Methodiken des agilen Engineerings an die der digitalen Werkzeuglandschaften an, die im Rahmen von Forschungsarbeiten am iw b entwickelt wurden.

### Agiles Engineering

Die Methodik des agilen Engineerings zielt auf eine Verschlankeung der mechatronischen Entwicklungsprozesse ab. Hierzu wurden die Erkenntnisse aus der agilen Softwareentwicklung in den Maschinenbau übertragen. Charakteristisch für ein agiles Engineering sind flexible und transparente Prozesse, der Mensch und das Produkt im Mittelpunkt sowie die iterative Auslieferung von Produktinkrementen (z.B. CAD-Daten, Module, Teilprodukte etc.).

Zur Vereinigung der beiden Bereiche wurden die Aktionen des mechatronischen Entwicklungsprozesses mit dem agilen Vorgehensmodell Scrum verknüpft. Anhand des betrachteten Anwendungsfalls lässt sich die geeignete Agilität für ein Unternehmen ermitteln, aus der sich die Auswahl und Adaption agiler Techniken (z.B. tägliche Statustref-

fen) ableiten. Gemäß prototypischen Umsetzungen in der Praxis konnten damit Lieferzeiten verkürzt, Kundenreklamationen reduziert und Kosten in einem zweistelligen Prozentbereich gesenkt werden.

### Digitale Werkzeuglandschaften

Zur situationsspezifischen Bewertung von digitalen Werkzeuglandschaften in der mechatronischen Entwicklung wurden ergänzend Sichten eingeführt, die Referenzanforderungen an die Funktionen, digitalen Techniken und die Informationen digitaler Werkzeuglandschaften stellen.

Aufbauend auf einem solchen Ideal wird eine Anpassung an den Rahmen der Entwicklungssituationen vorgenommen, um das Bewertungsobjekt auf relevante Prozessgebiete zuzuschneiden und eine Kartographie von IT-Systemen der Landschaft zu ermöglichen. Es findet dabei eine Verortung nach ihrer Unterstützung der Mechatronik und der Interoperabilität zwischen den Systemen mittels Fähigkeitsstufen statt. Abschließend werden schrittweise Verbesserungen vorgeschlagen und in bestehende CAX-Beschaffungsprozesse von Unternehmen des Maschinenbaus integriert.

### Ausblick

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts MEPROMA sowie die beiden Methodiken wurden in diversen Workshops mit Experten evaluiert und im Seminar für mechatronische Entwicklung von Produktionssystemen im Lehrangebot des iw b langfristig verankert.

### Dank

Das Projekt „EUREKA-MEPROMA“ wurde vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmenkonzept „Forschung für die Produktion von morgen“ gefördert (Fördernummer: 02PJ1051) und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut.



#### Autoren

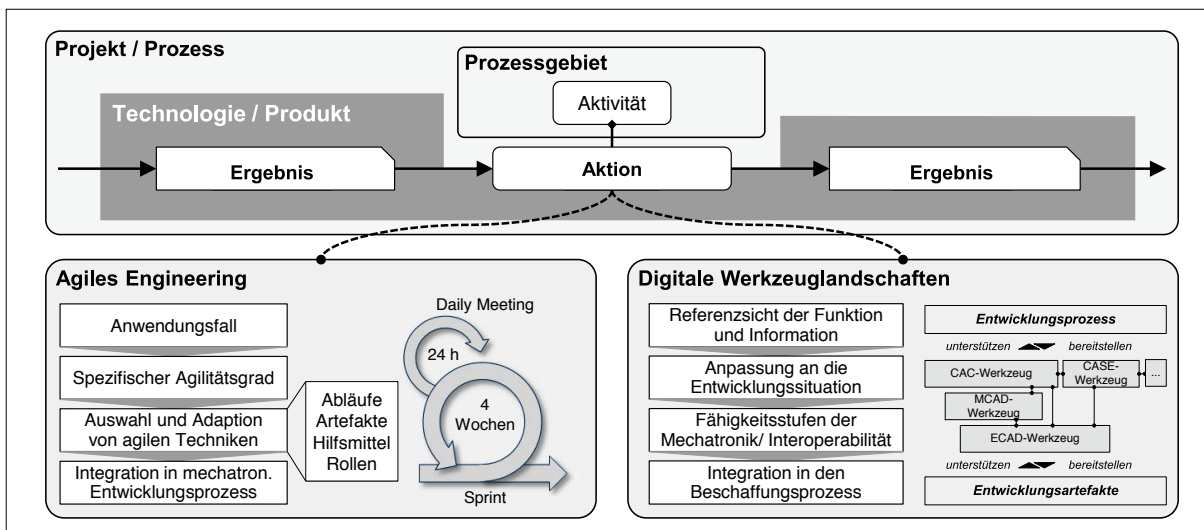
**M. Sc. Benny Drescher**

Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU



**Dipl.-Ing. Thorsten Klein**

Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU



# Integrierte modellbasierte Entwicklung von mechatronischen Systemen

Am iwb wurde im Rahmen des Forschungsprojektes „IMoMeSA“ mit Unterstützung des Vereins Deutscher Werkzeugmaschinenfabriken (VDW) eine modellbasierte Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme erarbeitet. Diese ermöglicht es, Maschinen und Anlagen vom ersten Grobkonzept bis zu einem virtuellen Prototyp zielgerichtet zu entwickeln und simulativ abzusichern.

## Motivation und Ziele

Den Ausgangspunkt für das Forschungsprojekt „IMoMeSA“ (Integrierte Modellbasierte Entwicklung Mechatronischer Systeme im Maschinen- und Anlagenbau) bildeten die Arbeiten aus dem ebenfalls in Kooperation mit dem VDW durchgeführten Forschungsprojekt „AutoVIBN“. Darin wurde eine Technik zur Funktionsmodellierung für mechatronische Systeme entwickelt, die in der frühen Entwicklungsphase von Entwicklern aller beteiligten Disziplinen genutzt werden kann, um ein gemeinsames Grundverständnis für das mechatronische System zu generieren. Im weiteren Verlauf der Entwicklung kann aus dieser Funktionsmodellierung automatisch ein Maschinenmodell generiert werden, mit dessen Hilfe die Steuerung einer zu entwickelnden Maschine virtuell in Betrieb genommen werden kann.

Auf Basis dieser Vorarbeiten widmete sich „IMoMeSA“ der weiterführenden Einbettung dieser Modellierungstechnik in den gesamten mechatronischen Entwicklungsprozess vom ersten Grundkonzept bis zum virtuellen Prototyp einer Maschine. In diesem Kontext wurde die Modellierungstechnik bspw. dahingehend erweitert, dass sie Möglichkeiten zur Erfassung und Evaluation von Anforderungen in der frühen Entwicklungsphase ermöglicht oder generell eine Modularisierung von mechatronischen Systemen unterstützt. Ein weiteres Projektziel lag in der Generierung eines ablauffähigen Steuerungs-codes aus dem Funktionsmodell.

## Zentrale Ergebnisse

Um zunächst ein integratives Anforderungsmanagement innerhalb der Modellierungstechnik aus dem Projekt „AutoVIBN“ zu ermöglichen, wurde diese um spezielle Elemente erweitert, die zur Abbildung von Anforderungen an mechatronische Systeme als zielführend identifiziert wurden. Neben informellen, textuellen Anforderungen wurden spezifische Modellierungselemente (z.B. Szenarien) eingebracht, die eine Formalisierung von Anforderungen ermöglichen. Der grundsätzlich formel-

le Charakter der Anforderungsmodellierung ermöglicht insbesondere eine automatisierte Anforderungsüberprüfung bei der Simulation mechatronischer Systeme.

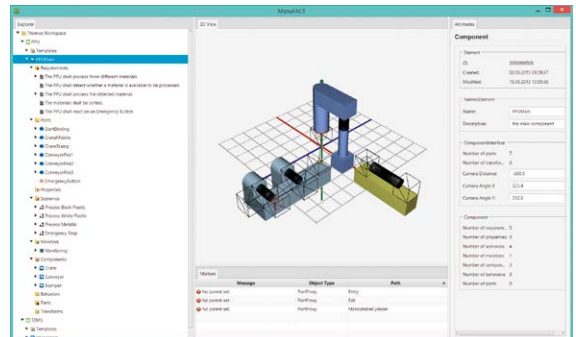
Um auch den Gedanken der Modularisierung stärker in der Modellierungstechnik zu verankern, wurde diese zudem dahingehend erweitert, dass sich modellierte Systeme in mechatronische Module mit definierten Schnittstellen einteilen lassen. Jedes Modul kann mit denselben Modellierungselementen wie ein mechatronisches System selbst beschrieben werden, wodurch eine hierarchische Zerlegung eines Systems in wiederverwendbare und weniger komplexe Einheiten ermöglicht wird.

Die entwickelte Modellierungstechnik eignet sich für eine funktionsorientierte Betrachtung mechatronischer Systeme in der frühen Entwicklungsphase. Um die Ergebnisse der Modellierung auch im weiteren Entwicklungsverlauf nutzen zu können, wurde untersucht, wie aus relevanten Modellinhalten automatisiert ein Steuerungscode generiert werden kann. In diesem Kontext wurde ein Codegenerator für die Programmiersprachen der IEC 61131-3 erarbeitet. Dieser ermöglicht es, eine modellierte Systemstruktur in eine äquivalente Programmstruktur zu übersetzen und modellierte Softwarekomponenten in entsprechende Funktionsbausteine mit Structured Text als Implementierungssprache zu übertragen. Beim Aufbau des Codegenerators wurde dabei insbesondere auf eine Lesbarkeit des Codes geachtet, so dass dieser im Rahmen der weiteren Entwicklung bei Bedarf noch optimiert werden kann.

## Evaluation und Ausblick

Zur Evaluation der einzelnen Projektergebnisse wurde die Modellierungstechnik im Rahmen von „IMoMeSA“ in einem prototypischen Engineering-Werkzeug implementiert und am Beispiel einer miniaturisierten Produktionsanlage angewendet. Die Erkenntnisse dieser Evaluation wurden zur Projektlaufzeit kontinuierlich mit einem Expertenkreis

aus dem Werkzeugmaschinenbau diskutiert, um die industrielle Tragfähigkeit des Ansatzes bewerten zu können.



**Engineering-Werkzeug zur Modellierung mechatronischer Systeme**

Darüber hinaus wurde das entwickelte Werkzeug mit einem verwandten Ansatz eines etablierten Tool-Herstellers verglichen, wobei insbesondere bewertet wurde, inwiefern die Projektergebnisse zukünftig in kommerzielle Werkzeuge integriert werden können.

Neben der Einbettung der Projektergebnisse in ein solches Engineering-Tool zum Transfer der Projektergebnisse in das industrielle Umfeld soll die Modellierungstechnik zukünftig an einem realen Industriebeispiel (Werkzeugmaschine) erprobt werden. Das bisherige Evaluationsbeispiel repräsentierte lediglich Auszüge einer solchen Maschine, sodass eine weiterführende Evaluation notwendig ist, um die Modellierungstechnik langfristig für einen Einsatz im industriellen Umfeld zu qualifizieren.

## Dank

Wir danken der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) für die Förderung des IMoMeSA-Forschungsprojektes, dem VDW als Projektträger und den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses für die gute Zusammenarbeit.



**Autor**

**Dipl.-Ing. Christoph Richter**

Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

## MITARBEITER PROJEKTGRUPPE RMV DES FRAUNHOFER IWU

**Neue Mitarbeiter**  
M. Sc. Lucas Kiefer

**Ausgeschiedene Mitarbeiter**  
Dipl.-Ing. Dominik Simon



# Automatisierte Fertigung kundenindividueller Produkte – ein Thema mit Tradition am *iwb*

Seit dem Aufbau der CIM-Modellfabrik in den 1980er Jahren beschäftigt sich das *iwb* mit der automatisierten Fertigung hochindividueller Produkte. Mit der zunehmenden Vernetzung innerhalb der Produktion sowie zwischen Kunden und produzierenden Unternehmen entstehen neue Potenziale und Herausforderungen, die das *iwb* in praxisnaher Forschung aufgreift.

Dem sich seit Ende der 60er Jahre in Deutschland vollziehenden Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt begegnet die Industrie mit zwei Strategien. Zum einen werden durch die zunehmende Automatisierung stetig Produktivitätspotenziale erschlossen, zum anderen werden durch die Individualisierung von Produkten neue Kaufanreize geschaffen. Während die Automatisierung durch geringe Prozessvarianz begünstigt wird, erfordert die Pro-

duktindividualisierung eine hohe Fertigungsflexibilität. Dem Auflösen dieser Gegensätze hat sich das *iwb* bereits vor 30 Jahren verschrieben. Modellfabrik verfolgt, in deren Umfeld bis in die späten 1990er Jahre hinein eine Vielzahl von Forschungsarbeiten zur rechnerintegrierten Produktion sowie zur Montageautomatisierung entstanden. Zudem wurden später aus dem Exzellenzcluster „Cognition for Technical Systems“ (CoTeSys) Erkenntnisse bezüglich der automatisierten Adaption des Produktionsverlaufs an Störungen oder sonstigen Änderungen in der Produktion gewonnen.

Ehemalige CIM-Modellfabrik am *iwb*



duktindividualisierung eine hohe Fertigungsflexibilität. Dem Auflösen dieser Gegensätze hat sich das *iwb* bereits vor 30 Jahren verschrieben.

## Meilensteine des *iwb*

Der durchgängige Informationsfluss vom Auftragseingang bis zum fertigen Produkt wurde ab 1988 mit der CIM-

*iwb*-Modellfabrik und Beispielbauteil



## InnoCyFer – kundeninnovative Produktentwicklung

Die kundeninnovative Produktentwicklung durch Open-Innovation-Methoden führt dazu, dass der Kunde zunehmend in die Produktgestaltung eingreift. Bei einfachen Produkten, wie z.B. Hüllen für Mobiltelefone, können technisch versierte Kunden das Produkt vollständig selbst gestalten und durch Rapid Manufacturing fertigen lassen. Die Komplexität der Produktgestaltung sowie fertigungstechnische Einschränkungen begrenzen diese Anwendungen auf einen kleinen Nutzerkreis. Vor allem komplexe, technische Lifestyle-Produkte wie z.B. Kaffeevollautomaten bieten Potenzial für Individualisierungen, erfordern aber neben einer einfach zu bedienenden Gestaltungsplattform auch Fortschritte in der automatisierten Produktion individualisierter Produkte.

Diesen Erfordernissen begegnet das Forschungsprojekt „InnoCyFer“ (siehe auch *iwb*-Newsletter 1+2/2015). In Zusammenarbeit von *iwb* und RMV entsteht eine neuartige Produktionsplanung und -steuerung, die auf Basis eines bionischen Schedulers eine effiziente Produktion hochindividueller Komponenten auf Basis des 3D-Produktmodells ermöglicht.

## Die InnoCyFer-Modellfabrik

Um praxisnahe Forschung sowie den schnellen Transfer in die industrielle Anwendung zu gewährleisten, werden die Forschungsergebnisse in einer Modellfabrik implementiert, in der individuell gestaltete Komponenten eines Kaffeevollautomaten automatisiert gefertigt werden.

In der Demonstrationsplattform sind spannende Prozesse und eine Oberflächenbeschichtung miteinander vernetzt. Ein über eine Open-Innovation-Plattform eingehender Auftrag wird automatisiert vom bionischen Scheduler in das Produktionsprogramm eingeplant und anschließend produziert. Die Modellfabrik dient dazu, neue wissenschaftliche Erkenntnisse zu überprüfen sowie interessierten Besuchern die gesamte Prozesskette zur Herstellung kundeninnovativer Produkte von der Kundeninteraktion bis hin zur vollautomatisierten Fertigung näher zu bringen. Um diese Prozesskette auch außerhalb des *iwb* vorstellen zu können, wurde ein mobiler Messedemonstrator – ein sogenanntes Public Innovation Lab – aufgebaut. Demonstriert wird hier die Produktion eines individuellen Gehäuses für einen Mikrocontroller sowie dessen Programmierung.

Auf der diesjährigen Hannover Messe wurde das Konzept des Public Innovation Labs vorgestellt. Die Besucher konnten in einer ersten Version der Onlineplattform mittels eines Toolkits das Gehäuse des Mikrocontrollers gestalten, welches anschließend live gefertigt wurde. Auch 2016 wird das *iwb* mit dem Projekt „InnoCyFer“ wieder auf diversen Messen und Veranstaltungen vertreten sein, um den Wissenstransfer in die breite Bevölkerung zu gewährleisten.

## Dank

Das Projekt „InnoCyFer“ wird im Rahmen des Technologieprogramms „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

### Autoren



**Dipl.-Wirt.-Ing. Michael Niehues**

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik



**Dipl.-Wirtsch.-Ing. Susanne Vernim**

Themengruppe Produktionsmanagement und Logistik

## IWB FORSCHUNGSBERICHTE

**Christoph Sieben**

Entwicklung eines Prognosemodells zur prozessbegleitenden Beurteilung der Montagequalität von Kolbendichtungen (Herbert Utz Verlag, Bd. 303)

# Verzugs- und Eigenspannungsbeherrschung beim Schweißen von Bauteilen

**Verzüge und Eigenspannungen sind die häufigsten Qualitätsmängel beim Laserstrahlschweißen. Das prozessbegleitende dynamische Spannen zeigt Wege auf, beide Ausprägungen gemeinsam zu reduzieren.**

Durch die Wärmebringung beim Laserstrahlschweißen ist die Entstehung von Verzügen und Eigenspannungen unvermeidbar, welche dabei stets gemeinsam auftreten. Statische Spannmittel können dabei entweder auf eine Verzugsreduktion oder auf eine möglichst geringe Bauteilbeanspruchung durch die nach dem Ausspannen und Abkühlen verbleibenden Eigenspannungen optimiert werden. Stand der Technik zur Abhilfe sind kosten- und energieintensive thermische Richtverfahren oder rein erfahrungsbasierte mechanische Verfahren.

## Zielsetzung

Das Forschungsprojekt „Prozessbegleitendes dynamisches Spannen zur Verzugs- und Eigenspannungsreduktion beim Schweißen von Bauteilen“ verfolgte das Ziel, eine Methode zu entwickeln, mittels derer automatisiert die relevanten Winkelverzüge vollständig kompensiert werden können, und zwar unter gleichzeitiger Reduktion der Eigenspannungen im Bauteil. Dabei stand der Fokus der Arbeiten sowohl auf dem Nachweis der systemtechnischen Umsetzbarkeit des Kompensationseingriffs als auch in der Identifikation der optimalen Kompensationsparameter. Die Auswahl erfolgt anhand der numerischen Untersuchung der Bauteilbeanspruchung.

## Vorgehensweise

Die Kompensation wird im Wesentlichen durch die erforderliche Kompensationskraft und den Kompensationszeitpunkt charakterisiert. Bei einer dynamischen Kompensation erfolgt der Eingriff prozessbegleitend zum Schweißvorgang. Es wurden dazu zwei grundsätzliche Methoden untersucht: Einerseits wurde die Einspannsituation um die Möglichkeit einer Einbringung von dynamischen Lasten erweitert, andererseits erfolgte eine Kraftapplikation über eine prozessbegleitende Anpressrolle. Bei der Kräfteinleitung über die Spannstellen wurden eine Kräfteinleitung in Schweißnahtnähe und eine Belastung in größerem Nahtabstand untersucht. Die Kompensation mittels einer Anpressrolle induziert eine kompensierende Kraft in einem zu definierenden Abstand zum Schweißprozess in die Unterseite der Naht.

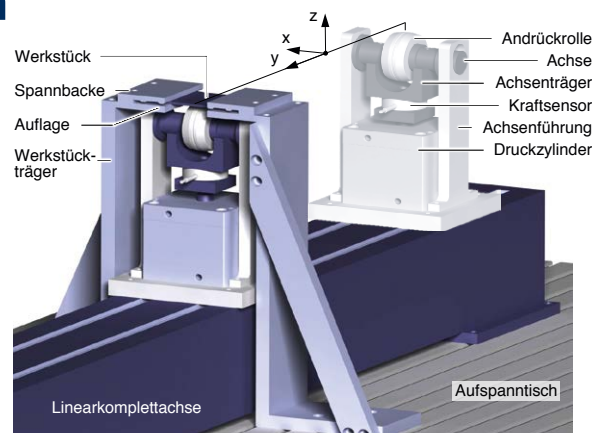
## Ergebnisse

Beide Kompensationsmethoden konnten erfolgreich umgesetzt werden und die Beseitigung des Winkelverzugs erreichen. Die Herausforderung bestand in der Identifikation der geeigneten Kompensationsparameter, die gleichzeitig zu einer Eigenspannungsreduktion führen. So bewirkt eine Kompensation mit nahtnaher Kräfteinleitung mittels Stempel zwar eine Winkelverzugskompensation, das Eigenspannungsfeld wird allerdings lediglich lokal im Bereich der Spannpositionen beeinflusst. Somit kann keine globale Reduktion der Eigenspannungen im Bauteil erreicht werden. Dies lässt sich mittels der prozessbegleitenden Applikation der Kompensationskraft durch eine Anpressrolle erzielen. Sowohl numerisch als auch durch Eigenspannungsmessungen konnte nachgewiesen werden, dass sich durch geschickte Wahl der Kompensationsparameter beispielsweise die relevanten Längseigenspannungen um 40 % reduzieren lassen. Während der Projektdurchführung wurde insbesondere die starke Schwankung der verbleibenden Bauteilverzüge und somit die fehlende Prozessfähigkeit des Kompensationseingriffs als Herausforderung identifiziert.

Für die Umsetzung eines industrierelevanten Demonstratorbauteils wurde eine Kompensationsmethode vorgestellt, mittels derer die Streuung der verbleibenden Winkelverzüge in der geforderten Maßtoleranz gehalten werden kann. Die entwickelte Kompensationsmethode erzielt durch die Kopplung von simulativ bestimmten Ersatzmodellen zur Bauteilsteifigkeit mit prozessbegleitend erfassten Messgrößen eine Kompensation mit einer Standardabweichung der Winkelverzüge von 0,12° von der Sollgeometrie.

## Dank

Das IGF-Vorhaben 16.857 N der Forschungsvereinigung DVS wurde über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF) im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.



## Autor

**Dipl.-Ing.  
Clemens Marder**

Themengruppe Werkzeugmaschinen

*Versuchsstand zur Kompensation mit der Anpressrolle*

## ABGESCHLOSSENE FORSCHUNGSPROJEKTE

**eProduction – Teilvorhaben: Fügeverfahren und Analyse der Wertschöpfungstiefe in der Batteriefertigung**  
01.12.2011 – 28.02.2015 · Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

**Bindemechanismen beim Rührreibschweißen von Mischverbindungen (SPP 1640 – Projektphase 1)**  
01.02.2013 – 28.02.2015 · Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

**Friction Stir Processing zur gezielten Verbesserung der mechanischen Eigenschaften von Aluminium-Gussbauteilen (FSP-Guss)**  
01.09.2012 – 31.03.2015 · Förderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

**Passive Lasersicherheit für Hochleistungslaser im industriellen Einsatz (PaLaSi)**  
01.09.2012 – 31.05.2015 · Förderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

**Optimierung von Schweißparametern beim Schwungrad-Reibschweißen**  
15.10.2012 – 31.05.2015 · Förderer: Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e.V. (AiF)

**Identifikation von Epoxidharz-abbauenden Enzymen**  
01.07.2013 – 30.06.2015 · Förderer: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

**FOREnergy – Energieflexible Fabrik**  
01.09.2013 – 31.08.2015 · Förderer: Bayerische Forschungsförderung (BFS)

**SFB/Transregio 10, Transferprojekt 09: Laserstrahlschweißen von Karosseriebauteilen in Sichtnahtqualität**  
01.05.2013 – 31.12.2015 · Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

**Transiente räumliche Reflexion der Laserstrahlung beim Laserstrahl-Tiefschweißen (ReLa-TiS)**  
01.08.2013 – 31.12.2015 · Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

# Vernetzte Produktionssysteme: Nutzenbringende Erfahrungen aus Forschung und Industrie

Am 3. März fand das 2. Seminar „Vernetzte Produktionssysteme“ der Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU in Augsburg statt. In Zusammenarbeit mit dem Cluster Mechatronik und Automation sowie fünf Gastrednern aus der Industrie stießen der Titel „Digitalisierung in Organisation und Fertigung“ sowie die präsentierten Inhalte auf große Resonanz beim Publikum.

Was steckt hinter dem Begriff Industrie 4.0? Was sind konkrete Anwendungsbeispiele und wie sehen Best-Practice-Umsetzungen aus? Genau diesen Fragestellungen widmete sich das 2. Seminar „Vernetzte Produktionssysteme“ mit dem Titel „Digitalisierung in Organisation und Fertigung“. Die mit 66 Teilnehmern und drei Ausstellern ausverkaufte Veranstaltung bot Antworten auf den unterschiedlichen Ebenen des Fabrikbetriebs.

## Organisation im Kontext der Digitalisierung

Den Auftakt des Seminars bestritt der Beitrag „Industrie 4.0 auf dem betrieblichen Hallenboden“ von Herrn Prof. Reinhart, Leiter der Projektgruppe RMV. Im Fokus standen hierbei die unterschiedlichen Möglichkeiten einer Fabrik, die Effizienz durch den gezielten Einsatz von neuen

Technologien weiter zu steigern. Mit dem Vortrag „Konzeption, Bewertung und Auswahl produktionsnaher IT-Lösungen“ gab Herr Fabian Keller einen Einblick in abgeschlossene und laufende Beratungs- und Umsetzungsaktivitäten der Projektgruppe RMV im Umfeld der vernetzten Produktion. Auch die Beziehung zum Kunden wird zunehmend digitalisiert: unter dem Titel „Gemeinsam mit dem Kunden innovieren“ stellte Herr Giordano Koch, Geschäftsführer der HYVE Community GmbH, einen Ansatz vor, welcher dem Kunden mithilfe von Web-Technologien die Möglichkeit bietet, bis kurz vor Produktionsstart mit dem Produzenten zu interagieren. Frau Victoria Kirsch, Mitarbeiterin der Maschinenfabrik Reinhausen, präsentierte im Anschluss daran, wie man die nötige Flexibilität und Effizienz in der Produktion mittels durchgängiger Verzahnung der unterschiedlichen IT-Werkzeuge erfolgreich umsetzen kann.

## Effizienzpotenziale heben

Herr Martin Schmid, Mitarbeiter der Fraunhofer Projektgruppe RMV, brachte den Teilnehmern näher, wie man durch den Einsatz von Kommunikationstechnik unterschiedliche Werkzeuge mit den entsprechenden Anlagen vernetzt und zeigte dazu einen praxisnahen Anwendungsfall auf. Konkrete Erfahrungen aus der vernetzten Montage bot Herr Andreas Jenke, indem er produktive Umsetzungsbeispiele aus dem Bosch-Rexroth-Werk Homburg vorstellte. Ergänzt wurde die-



Prof. Gunther Reinhart nimmt Bezug auf die steigende Vernetzung in der Produktion

ser Praxisbericht durch Herrn Dr. Thomas Hensel, leitender Mitarbeiter der Krones AG, welcher die Sichtweisen und die aktuellen Herausforderungen einer vierten industriellen Revolution bei der Krones AG beleuchtete. Den Abschluss bildete Herr Dr. Rainer Stetter, Geschäftsführer der ITQ GmbH, welcher in seinem Beitrag die Frage aufwarf: „Mechatronik vs. Industrie 4.0: Gibt es Unterschiede oder ist es dasselbe?“ Zusammengefasst wurden die Inhalte durch eine Podiumsdiskussion mit den Referenten.

## Das 3. Seminar

Das nächste Seminar „Vernetzte Produktionssysteme“ wird am 26. November 2015 in Augsburg stattfinden.

## Nähere Informationen

[www.iwu.fraunhofer.de/I40](http://www.iwu.fraunhofer.de/I40)



### Autor

Dipl.-Kfm.  
Fabian Keller

Projektgruppe RMV des  
Fraunhofer IWU

## PROJEKTGRUPPE RESSOURCENEFFIZIENTE MECHATRONISCHE VERARBEITUNGSMASCHINEN RMV

- ▶ **GRÜNDUNG**  
01.01.2009 in Augsburg
- ▶ **FORSCHUNGSINTENTION**  
Nachhaltige Senkung des Ressourcenverbrauchs und Schaffung eines Technologievorsprungs in produzierenden Unternehmen durch exzellente Forschungs- und Entwicklungsarbeit
- ▶ **ENTWICKLUNGSZIEL 2017**  
Organisches Wachstum zu einem Fraunhofer-Institut für ressourceneffiziente Verarbeitung am Standort Augsburg



- ▶ **KOOPERATIONEN**  
Neben einer administrativen Betreuung und Unterstützung durch das Fraunhofer IWU in Chemnitz wird auch fachlich mit dem Mutterinstitut kooperiert

Eine enge Forschungszusammenarbeit erfolgt mit dem *iwb* der TUM sowie unserem Partner am Standort, dem *iwb* Anwenderzentrum Augsburg

Der geplante Einzug in das Technologiezentrum „Augsburg Innovationspark“ sichert eine gute Vernetzung mit der regionalen Industrie und Hochschullandschaft

## NEUE MITARBEITER

**Garching**  
Dipl.-Ing. Franz Benjamin Spingler  
Ing. Jan Vlacil

**Augsburg**  
M. Sc. Julia Berg

## AUSGESCHIEDENE MITARBEITER

**Garching**  
Dipl.-Ing. Johannes Löhe  
Dipl.-Ing. Andreas Roth  
Gerhard Sigl

## IWB TERMINE

**Forschung zum Frühstück –  
Industrie 4.0**

Garching, 10.11.2015

**Seminar Vernetzte  
Produktionssysteme**  
Augsburg, 26.11.2015

**Jahresabschlusskolloquium 2015**  
Augsburg, 11.12.2015

Terminänderungen sowie weitere Termine erhalten Sie auf unserer Homepage [www.iwb.tum.de/veranstaltungen](http://www.iwb.tum.de/veranstaltungen).





*Intensive Diskussionen während der Poster-Ausstellung*

## Erster Forschungsworkshop Batterieproduktion 2015

Am 16. und 17. Juli fand erstmalig der Forschungsworkshop Batterieproduktion am *iwb* in Garching statt. Expertinnen und Experten der Batterieforschung aus Deutschland nahmen an der Veranstaltung teil, um bei Vorträgen, Poster-Sessions und Workshops über aktuelle und zukünftige Herausforderungen der Batterieforschung zu diskutieren.

Ein Jahr nach der feierlichen Eröffnung der Forschungsproduktionslinie für Lithium-Ionen-Batterien fand am *iwb* der zweitägige Forschungsworkshop Batterieproduktion statt.

### Vernetzung von Experten aus ganz Deutschland

Eingeladen waren wissenschaftliche Mitarbeiter im Bereich der Batterieproduktion, um durch den Austausch von Wissen und Erfahrung die produktionstechnische Forschung an Lithium-Ionen-Batterien in Deutschland zu fördern. Zum Workshop durfte das *iwb* Batterie-Forscher aus Aachen, Braunschweig, Gießen, Karlsruhe, München, Stuttgart und Ulm begrüßen.

### Vorträge und Poster aus Industrie und Forschung

Nach einer Einführung zu aktuellen Themen der Batterieforschung am *iwb* erlebten die Teilnehmer die Produktionslinie bei einer Führung durch Rein- und Trockenraum hautnah. Zum Einstieg in die anschließende Poster-Session hielten Herr Dr. Wöhrle (BMW) und Herr Dr.

Bauer (KIT) Vorträge zu aktuellen Forschungstrends in der Elektromobilität und zur wasserbasierten Elektrodenherstellung. Eine besondere Gelegenheit zum persönlichen Austausch und zur Vernetzung war die Teilnahme am *iwb* Sommerfest, das zum Abschluss des ersten Workshop-Tages stattfand.

### Von der Zellchemie zum Batteriemodul

Der zweite Tag des Forschungsworkshops bot durch die Bildung von Kleingruppen die Möglichkeit zum intensiven Austausch. Diese beschäftigten sich mit vielfältigen Forschungsthemen der Batterieherstellung, von neuartigen Materialien und Prozessen in der Elektroden- und Zellfertigung bis hin zur Qualitätssicherung und Modulmontage. Zur fachlichen Diskussion von neuen Erkenntnissen und aktuellen Herausforderungen bot der Forschungsworkshop Batterieproduktion somit die ideale Plattform zur standortübergreifenden Vernetzung von Experten aus der Wissenschaft. Auf eine Fortsetzung im kommenden Jahr kann man bereits gespannt sein.



#### Autoren

**M. Sc. Jan Bernd Habedank**

Themengruppe Füge- und Trenntechnik



**M. Sc. Patrick Schmitz**

Themengruppe Füge- und Trenntechnik



**M. Sc. Joscha Schnell**

Themengruppe Füge- und Trenntechnik

## NEUE FORSCHUNGSPROJEKTE

### Demonstrations- und Trainingszentrum für Cyber-Physische Produktionssysteme

01.07.2015 – 31.12.2018

Förderer: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

### Effiziente aufgabenorientierte Programmierung von Verarbeitungsmaschinen mittels durchgängiger digitaler Beschreibungen

01.06.2015 – 31.05.2017

Förderer: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie

### Phasenübergreifende Entwicklung von Benutzerschnittstellen im Maschinen- und Anlagenbau

01.07.2015 – 30.06.2017

Förderer: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

### Regelung der Temperatur beim Rührreißschweißen (RegTemp)

01.04.2015 – 31.03.2017

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

### Bindemechanismen beim Rührreißschweißen von Mischverbindungen (SPP 1640 – Projektphase 2)

01.03.2015 – 28.02.2017

Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG)

## JAHRESABSCHLUSS-KOLLOQUIUM 2015

**11. Dezember 2015 im Textilmuseum Augsburg**

Im historischen und zugleich modernen Ambiente des Textil- und Industriemuseums Augsburg wird das *iwb*, das Anwenderzentrum Augsburg und die Projektgruppe „Ressourceneffiziente Mechatronische Verarbeitungsmaschinen“ des Fraunhofer IWU das diesjährige Jahresabschlusskolloquium feiern.

Das Programm bietet durch die Vorstellung innovativer Forschungsthemen viel Raum für fachlichen Austausch sowie die Möglichkeit, in entspannter Atmosphäre zu netzwerken.

Mehr Informationen finden Sie demnächst unter: [www.iwb.tum.de/Jahresabschlusskolloquium\\_2015](http://www.iwb.tum.de/Jahresabschlusskolloquium_2015)

# iwb e.V. – in Bayern daheim, auf der Welt zu Hause

**Der internationale Dialog zwischen Forschung und industrieller Praxis geht in die zweite Runde. Nach dem Besuch bei Herrn Dr. Alois Tauber und der Besichtigung des Bosch-Werks in Madrid folgte die diesjährige Exkursion des iwb e.V. der Einladung von Herrn Dr. Ulrich Roßgoderer nach Israel zu Siemens PLM. Unter dem Motto „reale und virtuelle Produktion“ fand in diesem Rahmen ein intensiver Austausch zwischen einer Delegation des iwb e.V. und Siemens statt.**

Die Internationalisierung der Produktionstechnik spiegelt sich auch im iwb e.V. wider. Der Ehemaligen-Verein des iwb und der Fraunhofer Projektgruppe RMV in Augsburg ist mittlerweile über 300 Mitgliedern zunehmend internationaler aufgestellt. Gemäß dem Leitbild des Vereins als aktives Netzwerk ehemaliger Institutsangehöriger wurde im letzten Jahr die Tradition der internationalen Dialoge wiederbelebt. Nach



**Die Delegation des iwb e.V. auf der Exkursion nach Israel**

dem Besuch bei Herrn Dr. Alois Tauber in Madrid und der Besichtigung des Bosch-Werks führte die diesjährige Exkursion den iwb e.V. nach Israel zu Siemens PLM.

Siemens PLM zeigte dabei, dass ein Großkonzern und Start-Up-Mentalität keineswegs im Gegensatz stehen. Im Silicon-Valley von Tel Aviv fand im Rahmen der Exkursion unter dem Motto „reale und virtuelle Produktion“ ein intensiver Austausch zwischen einer 15-köpfigen Delegation des iwb e.V. und den Start-Up-Centern von Siemens PLM statt. Neben Fachvorträgen von Siemens zeigte der iwb e.V. anhand zahlreicher Beispiele die Anforderungen und Möglichkeiten für die Digitale Fabrik auf. Unter dem Motto „Flexibilität und Qualität in einer variantenreichen Produktion“ stellte Herr Dr. Andreas Wendt am Beispiel des BMW-Werks in Regensburg dar, welche hohen Anforderungen bei der Planung eines komplexen Produktionssystems vorliegen. Darüber hinaus wurde von Herrn Dr. Bernd Petzold (Audi) ein Einblick in den Umsetzungsstand und die Möglichkeiten der Digitalen Fabrik gegeben. Auch das Thema Industrie 4.0 wurde intensiv diskutiert. Neben den Ansätzen von Siemens PLM zeigte hier auch Herr Dr. Rainer Stetter auf, wie die nächste Evolutionsstufe mechatronischer Systeme durch Agilität beherrschbar gemacht werden kann. Der intensive Austausch wurde auch nach der Exkursion weiter betrieben. Bereits wenige Wochen später wurde eine Delegation aus Israel in Garching und Augsburg empfangen und der internationale Dialog fortgeführt.

Neben dem fachlichen Austausch stand im Rahmen der Exkursion auch das Netzwerk des iwb e.V. im Vordergrund. Die

Ausflüge in die antike Hafenstadt Jaffa und das faszinierende Jerusalem stellten einen idealen Rahmen dar, um die unterschiedlichen Generationen des Teilnehmerkreises der Exkursion besser zu vernetzen. Der iwb e.V. bedankt sich nochmals recht herzlich bei Herrn Dr. Ulrich Roßgoderer und seinem Team für die Einladung nach Israel, die exzellente Organisation und den beeindruckenden Mix aus Innovationsdialog und Kultur.

Der internationale Dialog soll auch im nächsten Jahr fortgesetzt werden. Weiteres wird auf der Jahres-Mitgliederversammlung des iwb e.V. am 9. Oktober 2015 bekannt gegeben, die bei der Krones AG im Werk Rosenheim stattfinden wird.



## **iwb e.V. Cluster Nord besichtigt Teilchenbeschleuniger DESY in Hamburg**

Am 28.08. hat ein Treffen des Clusters Nord des iwb e.V. in Hamburg stattgefunden. Ehemalige Mitarbeiter unseres Instituts, die bei der Lufthansa Technik AG, der CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH und der Jäger Gummi und Kunststoff GmbH tätig sind, trafen sich, um gemeinsam das Deutsche Elektronen-Synchrotron (DESY) zu besichtigen. Das DESY ist Teil der Helmholtz-Gemeinschaft und forscht in den Bereichen Entwicklung, Bau und Betrieb von Teilchenbeschleunigern, Teilchenphysik und Photonen.

Herzstück des DESYs war über lange Zeit der Teilchenbeschleuniger HERA, in welchem Elektronen und Protonen in einem 6,3 km langen und 10 bis 20 Meter unter der Erdoberfläche liegenden Ring beschleunigt werden, um sie dann zur Kollision zu bringen. Mithilfe von HERA konnte u.a. nachgewiesen werden, dass Protonen aus mehr als nur drei Quarks bestehen.

Nach dem lehrreichen und spannenden Besuch des DESY ging es zum gemütlichen Teil der Veranstaltung in einer Fabrikhalle der ehemaligen Zeise-Werke über: Der traditionsreiche Hamburger Fabrikant von Schiffsschrauben beherbergt heute in den Hallen ein Kulturzentrum und ein Restaurant, wo die Teilnehmer des Treffens Anekdoten und aktuelle Entwicklungen unseres Instituts austauschen konnten.

Am Ende eines langen Abends wurde bereits das nächste Treffen geplant: Auf Einladung von Herrn Dr. Andreas Jäger wird dieses voraussichtlich in Hannover stattfinden. Die Teilnehmer des Clustertreffens nahmen die Einladung sehr gerne an, freuen sich auf den weiteren Ausbau unseres Netzwerks im Norden Europas und laden auch interessierte Mitglieder des iwb e.V. aus dem Süden herzlich dazu ein.

*Dr.-Ing. Markus Graßl, ehemaliger Mitarbeiter der Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU*

*Dr.-Ing. Jörg Egbers, ehemaliger Mitarbeiter des iwb*

## **Autoren**



### **Dipl.-Ing. Josef Huber**

Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU



### **Dipl.-Ing. Peter Stich**

Projektgruppe RMV des Fraunhofer IWU

## **IMPRESSUM**

Der iwb newsletter erscheint vierteljährlich und wird herausgegeben vom Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) Technische Universität München Boltzmannstraße 15 85748 Garching  
Tel.: 089/289-15500  
Fax: 089/289-15555

ISSN 1434-324X (Druck-Ausgabe)  
ISSN 1614-3442 (Online-Ausgabe)

Redaktion: Tanja Mayer (verantw.)  
Tel.: 089/289-155 51  
E-Mail: tanja.mayer@iwb.tum.de  
Web: www.iwb.tum.de

Herstellung: dm druckmedien gmbh  
Paul-Heysel-Straße 28  
80336 München

Verlag:  
Herbert Utz Verlag GmbH  
Adalbertstraße 57  
80799 München  
Tel. 089-277791-00, Fax: 089/277791-01  
E-Mail: info@utzverlag.com  
Web: www.utzverlag.com  
Natürlich gedruckt auf chlorfrei gebleichtem Umweltpapier.

Adressverteiler:  
Möchten Sie in den Verteiler aufgenommen werden oder hat sich Ihre Adresse geändert? Dann schicken Sie bitte eine E-Mail an info@iwb.tum.de