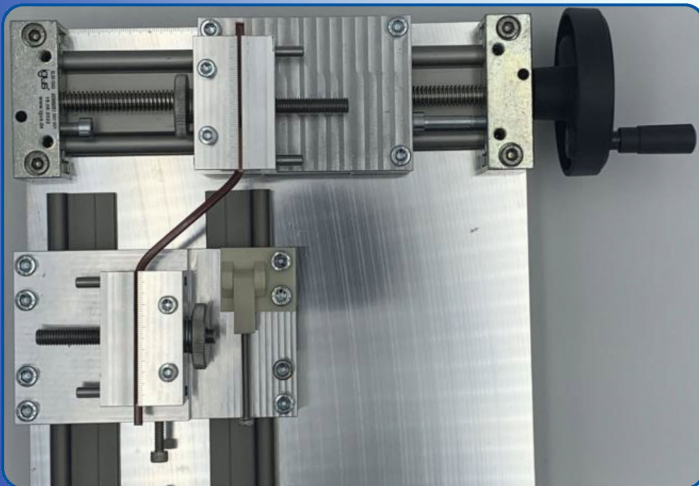


# WT Werkstattstechnik



Messung der Eigenschaften  
im Schränkprozess



Messung der  
Anhaftung der Imprägnierung

Grafik: PEM RWTH Aachen

## BRENNSTOFFZELLE

Befähigung eines  
multifunktionalen  
Testbetriebs

## AUTOMOBILINDUSTRIE

Schwingungsbasierte  
Schmierzustandsermittlung  
in Kugelgewindetrieben

## DIGITALISIERUNG

Digitale Assistenz  
für Montagetätigkeiten  
in KMU

## Inhalte der Online-Ausgabe 7/8-2025 Hauptthema: E-Mobilität

A. Kampker – Lehrstuhl Production Engineering of E-Mobility Components (PEM), RWTH Aachen

### E-Norm: Prüfverfahren und Perspektiven für die Elektromobilität

E-Mobilität: für viele ein „Buzzword“, für manche eine Modeerscheinung – und dennoch bei Weitem nichts Neues. Gilt das „Flocken-Modell“ von 1888 gemeinhin als das erste Elektroauto, reichen die Ursprünge des elektrischen Antriebs schon rund 200 Jahre zurück. Neu ist allerdings der Anlauf, den die E-Mobilität nimmt: Beim zweiten Mal soll sie sich endlich durchsetzen und ihr Potenzial voll entfalten. Es gibt einige realistische Anwendungsbereiche, und selbst dort, wo sie einst als fehl am Platz galt, eröffnen sich inzwischen ungeahnte Möglichkeiten: im Schwerlastverkehr, in der Luftfahrt, zu Wasser. Der Schlüssel dazu liegt in neuen Technologien – sowohl bei den einzelnen Komponenten wie der Batterie, der Brennstoffzelle und dem Elektromotor als auch bei deren jeweiliger Produktion. **S. 535**

A. Kampker, H. H. Heimes, J. Hausmann, S. Biegler, P. Euchner, K. Hadla – PEM, RWTH Aachen

### Befähigung eines multifunktionalen Testbetriebs

Grüner Wasserstoff wird als Energieträger eine zentrale Rolle in der Dekarbonisierung emissionsreicher Sektoren einnehmen. Bei den dafür notwendigen Technologien existieren potenzielle Synergieeffekte, die noch nicht ausreichend erforscht und genutzt wurden. Am Beispiel der Prüfprozesse wird in diesem Beitrag ein Vorschlag erarbeitet, wie sich ein Einzelzellprüfstand konstruieren lässt, der einen multifunktionalen Prüfbetrieb für unterschiedliche Wasserstofftechnologien erlaubt. **S. 536**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-6

A. Herrmann, B. Späth, S. Shu, N. Kisseler, A. Kampker – PEM, RWTH Aachen

### Sicherheitstests von Natrium-Ionen-Batterien

Das thermische Durchgehen („Thermal Runaway“) von Batterien stellt eine zentrale Sicherheitsproblematik dar, da die Zellen durch unkontrolliertes Erhitzen in Brand geraten und explodieren können. Neben konventionellen Lithium-Ionen-Batterien rücken auch Natrium-Ionen-Batterien in den Fokus der Industrie, wobei es bis dato nur wenige Analysen zu deren Sicherheitsverhalten gibt. Ziel dieser Veröffentlichung ist die Charakterisierung der Sicherheit von Natrium-Ionen-Batterien unter externer Wärmezufuhr bei einem Ladezustand von 50 %. **S. 549**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-19

M. Graaf, F. Hoheisel – PEM, RWTH Aachen

### Mechanische Alterungsdetektion in Lithium-Batterien

Die Zustandsbewertung von Batterien vom Gesamtsystem bis hin zur Zellebene stellt vor allem außerhalb des Laborumfelds weiterhin eine Herausforderung dar. Die in der Zelle ablaufenden Alterungsmechanismen überlagern sich auf komplexe Weise, was eine eindeutige Ursachenanalyse erschwert. Neben den elektrischen Charakterisierungsmethoden bieten die mechanischen Ansätze vielversprechende

Möglichkeiten, bislang ungenutztes Potenzial zur Verbesserung der Datenverfügbarkeit und Transparenz zu erschließen. **S. 556**  
doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-26

S. Hartmann – PEM, RWTH Aachen

### E-Motor-Testing: Neue Produktionsprozesse erfordern neue Prüfverfahren

Durch die Möglichkeit der Substitution stochastischer Wickel- und Einziehprozesse mit deterministischen Umform- und Montageprozessen hat sich die Hairpin-Technologie als Standard für elektrische Antriebe etabliert. Gleichzeitig charakterisiert die Technologie eine Vielzahl von Produkt- und Prozess-Interdependenzen. Das Einbeziehen dieser Randbedingungen in der Komponenten- und Systemprüfung ist daher unbedingt erforderlich, um eine kosteneffiziente und stabile Produktion zu ermöglichen. **S. 564**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-34

C. Brecher, J. Hameleers, R. Klimaschka, S. Neus – Werkzeugmaschinenlabor WZL, RWTH Aachen

### Schwingungsbasierte Schmierzustandsermittlung in Kugelgewindetrieben

Als mechanisches Übertragungselement ist der Kugelgewindtrieb (KGT) zur Vorschuberzeugung in Werkzeugmaschinen (WZM) bewährt und hat in Kraftfahrzeugen (KFZ) die hydraulische Servolenkung verdrängt. Während die intervallgesteuerte Zentralschmierung in WZM oft für eine Überschmierung sorgt, darf die Lebensdauer-schmierung im KFZ nicht zu gering ausfallen. Die Betrachtung der Grundlagen einer schwingungsbasierten Schmierzustandsermittlung soll die bedarfsgerechte Schmierung ermöglichen. **S. 575**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-45

C. Brecher, R. Klimaschka, S. May, S. Neus – WZL, RWTH Aachen

### Maschinenübertragbare Online-Rattererkennung

Diese Arbeit untersucht die Umsetzbarkeit verschiedener Klassifikationsalgorithmen zur echtzeitfähigen, maschinenunabhängigen Rattererkennung. Basierend auf 136 Messungen werden zwei neue Klassifikationsmethoden entwickelt, die eine Genauigkeit von durchschnittlich 92 % erreichen. Sie basieren auf einer einfachen Messkette, die stabilitätsrelevante Informationen aus einem Beschleunigungssensor und einem Spindeldrehgeber bezieht und somit für die industrielle Praxis geeignet sind. **S. 583**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-53

C. Brecher, M. Fey, A. Strachkov – WZL, RWTH Aachen

### Strukturdynamisches Verhalten der Hauptspindel im Betrieb

Als zentrale Komponente einer Fräsmaschine bestimmt die Hauptspindel maßgeblich die Genauigkeit sowie die Leistungsgrenzen des Fräsprozesses. Während des Fräsens ist die Hauptspindel zugleich statischen und dynamischen Belastungen ausgesetzt. Variationen der Prozessparameter und Betriebszustände beeinflussen dabei die strukturdynamischen Eigenschaften – sowohl statisch als auch dynamisch. Durch eine kontinuierliche Überwachung dieser Eigenschaften lassen sich potenziell spindelschädliche Bearbeitungsoperationen frühzeitig erkennen und vermeiden. **S. 593**

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-63

M. Demming – PEM, RWTH Aachen

## Anforderungsbasiertes Testen in der Fahrzeugentwicklung

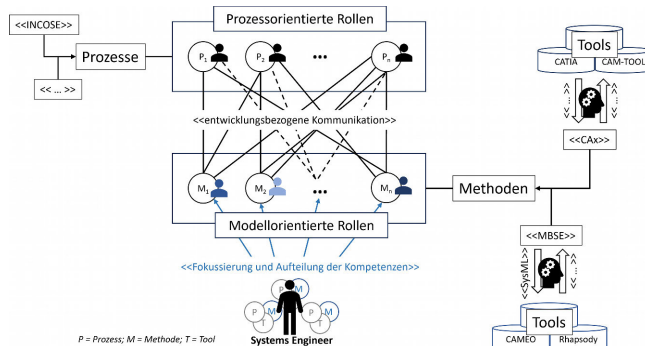
Die Absicherung von Produkteigenschaften ist ein zentraler Erfolgsfaktor in der Entwicklung zunehmend softwaregetriebener Systeme. Eine unvollständige Anforderungserhebung ist dabei eine der Hauptursachen für Entwicklungsfehler und Rückrufe. Ein integrierter Entwicklungsprozess, der auf einem interdisziplinären Anforderungsmanagement basiert, ein durchgängiges Datenmodell sowie eine zentrale Tool-Landschaft aus ALM- und PLM-Systemen bieten strukturierte Ansätze zur frühen Fehleridentifikation.

S. 600

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-70

F. Rusch, H. Hage, F. Mantwill – Helmut-Schmidt-Universität Hamburg

## Rollenprofile zur erfolgreichen Umsetzung des MBSE



**Rollenunterteilung des Systems Engineers** in prozessorientierte- und modellorientierte Rollen basierend auf Prozessen, Methoden und Tools.

Grafik: HSU Hamburg

Dieser Ansatz zur Rollenzuteilung im Model-based Systems Engineering (MBSE) unterscheidet zwischen prozessorientierten und modellorientierten Rollen, um Effizienz und Interoperabilität im MBSE zu steigern. Durch die Integration bestehender Kompetenzrahmen und Best Practices wird eine gezielte Nutzung digitaler Werkzeuge unterstützt. Herausforderungen bestehen in der organisatorischen Umsetzung und Qualifikation. Zukünftige Forschung sollte die praktische Anwendung evaluieren.

S. 607

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-77

C. Brecher, M. Fey, M. Loba, J. Vos – WZL, RWTH Aachen

## Vorhersage von Restunsicherheiten mithilfe von KI

Moderne Werkzeugmaschinen haben zahlreiche Sensoren, die sich zur Prozessüberwachung nutzen lassen. Die dahinterliegenden Modelle besitzen jedoch Restunsicherheiten, beispielsweise infolge von Reibung, die zu fehlerhaften Ergebnissen führen können. Datengetriebene Ansätze mithilfe neuronaler Netze bieten die Möglichkeit, diese zu verringern. In diesem Beitrag wird untersucht, inwiefern sich neuronale Netze zur Steigerung der Vorhersagegüte modellbasierter Prozesskraftschätzungen auf Basis steuerungsinterner Daten eignen. Untersucht wird die Eignung eines Transformer-Encoder-Modells. Es zeigt sich, dass sich hiermit Modellfehler um 66 % reduzieren lassen.

S. 618

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-88

L. Eiler, K. Klöpfer, R. Hägle, T. Brander, D. Breunig, J. Hanebeck – Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA, Stuttgart; Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Arbeitswissenschaft und Betriebsorganisation (ifab)

## Digitale Assistenz für Montagetätigkeiten in KMU

In diesem Beitrag werden die Konzeption, die Entwicklung und die Evaluierung eines digitalen Assistenzsystems zur Kommunikation und Interaktion bei heterogenen Montageaufgaben in KMU vorgestellt. Unter Einbindung von Mitarbeitenden zweier KMU wurde das Assistenzsystem iterativ prototypisch in Form von Tablet-Apps umgesetzt. Die Nutzerstudie zeigt, dass die Digitalisierung von Kommunikation und Arbeitsabläufen über Tablets Montagemitarbeitende zu effizienterer und zufriedenstellender Arbeit befähigt.

S. 624

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-94

D. Kötter, F. Nolte, O. Petrovic, C. Brecher – WZL, RWTH Aachen

## Status recognition for collaborative robotics

Collaborative robotics tries to combine the strengths of humans and robots. This article discusses incorporating object detection into a behavior tree (BT), a common hierarchical control structure in robotics. This integration allows robots to verify assembly status and provide feedback to workers during tasks such as gear assembly. Also, a pipeline for creating synthetic training datasets from real parts is introduced, demonstrating effective status recognition and feedback mechanisms.

S. 632

doi.org/10.37544/1436-4980-2025-07-08-102

## IMPRESSUM

### Redaktion

Alexandra Briesch  
Telefon: +49 (0) 211-6103-335  
abriesch@vdi-fachmedien.de

### Verlag

VDI Fachmedien GmbH & Co. KG  
VDI-Platz 1, D-40468 Düsseldorf  
Postfach 10 10 22, D-40001 Düsseldorf

### Geschäftsführung

Beatrice Gerner  
geschaeftsfuehrung@vdi-nachrichten.com

### Layout

Alexander Reiß

Weitere Informationen:  
www.werkstattstechnik.de



# E-Norm: Prüfverfahren und Perspektiven für die Elektromobilität

**E**-Mobilität: für viele ein „Buzzword“, für manche eine Modeerscheinung – und dennoch bei Weitem nichts Neues. Gilt das „Flocken-Modell“ von 1888 gemeinhin als das erste Elektroauto, reichen die Ursprünge des elektrischen Antriebs schon rund 200 Jahre zurück. Neu ist allerdings der Anlauf, den die E-Mobilität nimmt: Beim zweiten Mal soll sie sich endlich durchsetzen und ihr Potenzial voll entfalten. Es gibt einige realistische Anwendungsbereiche, und selbst dort, wo sie einst als fehl am Platz galt, eröffnen sich inzwischen ungeahnte Möglichkeiten: im Schwerlastverkehr, in der Luftfahrt, zu Wasser. Der Schlüssel dazu liegt in neuen Technologien – sowohl bei den einzelnen Komponenten wie der Batterie, der Brennstoffzelle und dem Elektromotor als auch bei deren jeweiliger Produktion.

Neue Zellchemien können die Batterie der Zukunft leistungsfähiger, langlebiger und frei von kritischen Rohstoffen machen, was Europa zur Unabhängigkeit vom asiatischen Markt und zum Aufbau einer eigenen Wertschöpfungskette verhelfen kann. Neue Prozesstechnologien bereiten bislang hochgradig energieintensiven Verfahrensschritten ein Ende und machen die Produktion von Batterien, Brennstoffzellen und Elektrolyseuren konkurrenzfähig. Neue Recycling-Methoden erlauben eine effiziente, umfassende Rückgewinnung wertvoller Ressourcen und damit die Etablierung einer tatsächlichen Kreislaufwirtschaft. Neue Designs und Verarbeitungstechniken führen zu einer kompakteren Bauweise elektrischer Antriebe.

Also alle Probleme gelöst? Leider nein, denn die vielversprechendsten Innovationen sind reine Makulatur, wenn sie sich nicht zügig im Industriemaßstab umsetzen lassen. Hinzu kommt, dass der Hochlauf der deutschen und europäischen Batterie-Industrie massiv ins Stocken geraten ist. Die Skalierung anzugehen, noch bevor die wichtigsten Lernprozesse durchlaufen wurden, ist die falsche Herangehensweise. Das Innovations-tempo ist derweil nach wie vor hoch – was erfreulich ist. Doch neue Produkte und Produktionsprozesse erfordern neue Testverfahren für die Serienfertigung und den Massenmarkt. Wo bisher erfolgreich nach „Schema F“ geprüft wurde, fehlt geeignetes Know-how und Equipment. So üben produktspezifische Herstellungsprozesse zum Beispiel Belastungen auf das jeweilige Material aus, die die klassischen Tests nicht berücksichtigen können, und jahrzehntelang bewährte Prüfverfahren sind nicht mehr groß genug dimensioniert. Kurzum: Es müssen neue, zeitgemäße Kapazitäten geschaffen werden.

Die Forschung geht dabei mit gutem Beispiel voran, denn die Zeit drängt. Batterie, Brennstoffzelle, Elektromotor: Die Nachfrage steigt in allen Bereichen. Gleichzeitig werden die technischen und finanziellen Anforderungen immer komplexer, was einen enormen Druck auf die Entwicklung sämtlicher Komponenten der E-Mobilität ausübt. Deshalb wirft die aktuelle wt Werkstattstechnik-Ausgabe einen umfassenden Blick auf technische Errungenschaften und Herausforderungen in der Elektrofahrzeugproduktion – und auf die Bedeutung des Testings.

Ich wünsche Ihnen eine erhellende Lektüre!

Ihr Achim Kampker



Univ.-Prof. Dr.-Ing.  
Achim Kampker

Gründer und Leiter des Lehrstuhls  
„Production Engineering  
of E-Mobility Components“  
(PEM) der RWTH Aachen.

Foto: PEM RWTH Aachen | projektelf