



mec Pro²

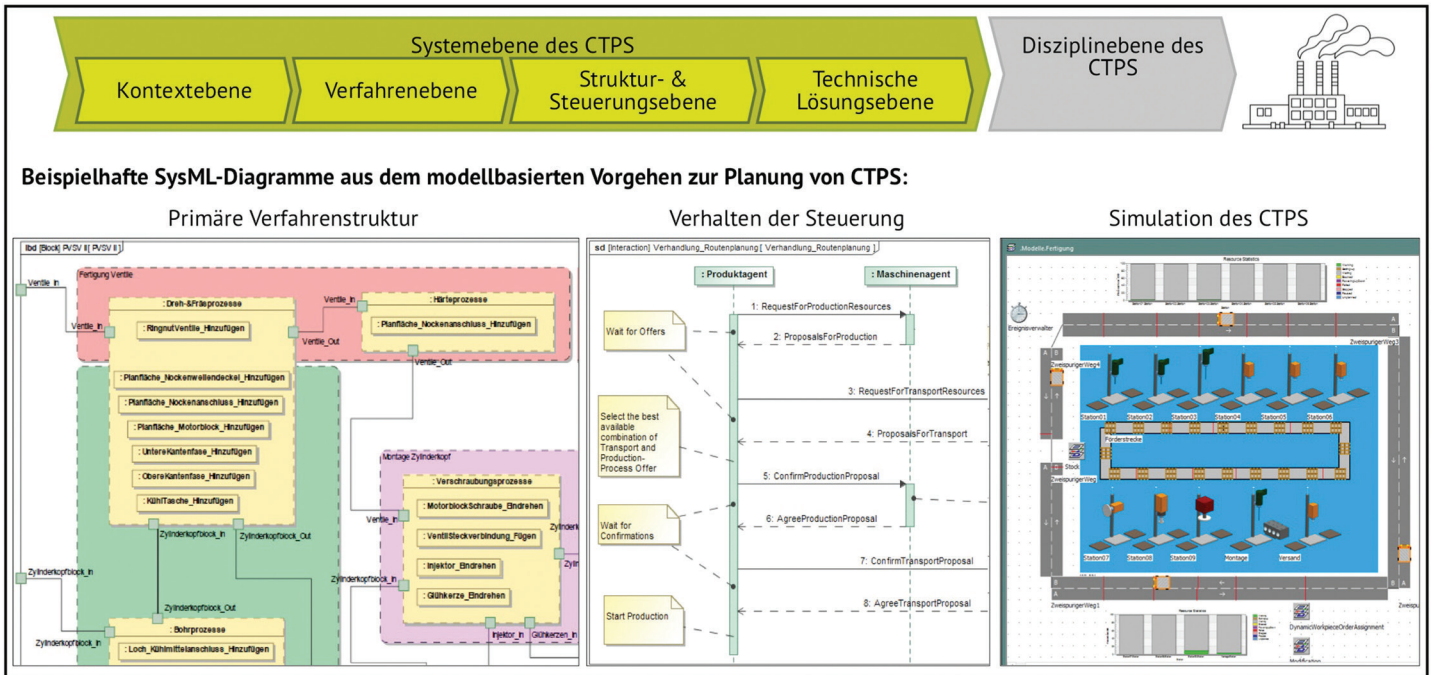
FBK

Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation Kaiserslautern

INFOBRIEF *Ausgabe 52/17*

In dieser Ausgabe:

<i>BMBF-Projekt mecPro² erfolgreich abgeschlossen</i> – Integrierter, modellbasierter Entwicklungsprozess für cybertronische Produktionssysteme	2
<i>Transferprojekt im Rahmen des SFB 926 bewilligt</i> – Auslegung und Fertigung flächenhafter Kalibriernormale auf Basis realer Bauteiloberflächen	3
Neues Großgerät am FBK	3
<i>Veranstaltungshinweis</i> – Aktuelle Trends der additiven Fertigung 28. Juni 2017	4
Maschinenbauer und Verfahrenstechniker der TU Kaiserslautern feiern 1.000. Promotion	4
Neue Mitarbeiter	4
Ausgewählte Veröffentlichungen	4



Beispiele aus dem modellbasierten Vorgehen zur Planung von CTPS

Zum Ende des Jahres 2016 ist das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Verbundforschungsprojekt „Modellbasierter Entwicklungsprozess cybertronischer Produkte und Produktionssysteme“ (mecPro², www.mecpro.de) erfolgreich abgeschlossen worden. Unter der Konsortialführung der Schaeffler Technologies AG & Co. KG waren insgesamt acht Industriepartner (CONTACT Software GmbH, Continental AG, dem engineering methods AG, Daimler AG, Siemens AG, Siemens Industry Software GmbH, Unity AG) und vier Forschungsinstitute (Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation (FBK), Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinen- und Apparatebau (KIMA) und Lehrstuhl für virtuelle Produktentwicklung (VPE) von der TU Kaiserslautern sowie das Fachgebiet Kraftfahrzeugtechnik der TU Berlin) am Projekt beteiligt. Das gemeinsame Ziel war die Entwicklung eines interdisziplinären Referenzentwicklungsprozesses für cybertronische Produkte (CTP) und Produktionssysteme (CTPS), der dem Ansatz des modellbasierten Systems Engineerings (MBSE) folgt und dadurch die Zusammenarbeit der verschiedenen am Planungsprozess beteiligten Disziplinen erleichtert. Ein besonderer Fokus lag dabei auf den Erfordernissen von Industrie 4.0 und CTPS. Der Begriff Industrie 4.0 beschreibt die Nutzung cyber-physischer Systeme in der Produktion, die die Verwendung des Internets der Dinge in diesem Bereich ermöglicht und zur Verbindung der virtuellen und realen Welt führt. Nach der im Projekt erarbeiteten Definition handelt es sich bei einem CTPS um ein cybertronisches System. Dieses ist ein temporärer Zusammenschluss von mindestens zwei cybertronischen Elementen. Die cybertronischen Elemente des CTPS können sich ad-hoc vernetzen und kommunizieren über offene Netze, um in wertschöpfenden Prozessen Input zu Output zu transformieren, wobei sie autonom agieren und sich selbst steuern.

Um das genannte Ziel zu erreichen, wurden zunächst die spezifischen Eigenschaften von CTP und CTPS, wie z. B. dezentrale Entscheidungen oder dynamische Systemgrenzen untersucht. Daneben wurden existierende Entwicklungsprozesse für Produkte und Planungsprozesse von Produktionssystemen analysiert, wobei auch die internen Prozesse der beteiligten Industriepartner in die Analyse miteinbezogen wurden. Aufbauend auf den Untersuchungen wurden die Anforderungen an den neu zu erarbeitenden Referenzentwicklungsprozess abgeleitet. Für den modellbasierten Charakter des Referenzentwicklungsprozesses war es notwendig das Konzept des MBSE auf die Produktionssystemplanung zu übertragen, da dieses hier bisher keine Anwendung findet. Dazu wurde eine Beschreibungssystematik für CTPS unter Verwendung der Modellier-

ungssprache „Systems Modeling Language“ (SysML) erarbeitet. Die Beschreibungssystematik gibt ein modellbasiertes Vorgehen zur Planung von Produktionssystemen vor und definiert, wie die einzelnen Elemente des Produktionssystems modellbasiert darzustellen sind. Das modellbasierte Vorgehen für CTPS wurde im Anschluss mit dem entsprechenden Vorgehen für CTP zusammengeführt und zu dem angestrebten Referenzentwicklungsprozess integriert. Dieser wurde in ein Datenmodell übertragen und in eine Product-Lifecycle-Management-(PLM)-Software überführt, um den integrierten Entwicklungsprozess auch IT-technisch zu unterstützen. Zur Demonstration der praktischen Anwendbarkeit des Referenzentwicklungsprozesses wurden zwei Software-Demonstratoren auf Basis der PLM-Werkzeuge Siemens TEAMCENTER und CIM DATABASE PLM erarbeitet. Sie zeigen exemplarisch den Einsatz des modellbasierten Vorgehens in kollaborativen Unternehmensprozessen, wie z. B. der integrierten Entwicklung eines Zylinderkopfes und der Planung dessen Produktion.

Aus Sicht des FBK ist das wichtigste Projektergebnis das neu entwickelte Planungsvorgehen für CTPS unter Verwendung des MBSE-Ansatzes. Dabei war das Ziel, bereits in frühen Planungsphasen des Produktes konzeptionelle Planungsschritte für das CTPS durchzuführen und eine frühere Abstimmung zwischen den Disziplinen zu erleichtern. Der MBSE-Ansatz ist hierfür gut geeignet, da er zunächst einen konzeptionellen Systementwurf des betrachteten Produktionssystems vorsieht, bevor innerhalb des disziplinspezifischen Entwurfs Detailfragen bearbeitet werden (vgl. Abbildung). Ebenso unterstützt die visuelle Darstellung in den SysML-Diagrammen das gemeinsame Verständnis der Planungsinhalte, insbesondere im Diskurs mit anderen Planungsdisziplinen wie z. B. der Produktentwicklung. Dabei berücksichtigt das CTPS-spezifische modellbasierte Vorgehen auch frühe Simulationen des CTPS, die mithilfe eines Simulationsrahmenkonzepts umgesetzt wurden.

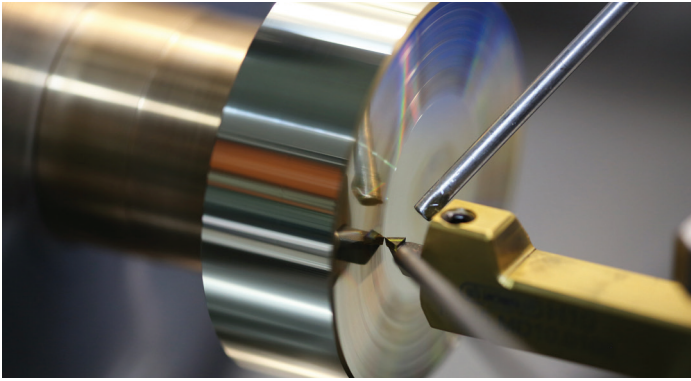
Die Projektergebnisse wurden 2016 in einer eintägigen Ergebniskonferenz im Anschluss an den Tag des Systems Engineerings in Herzogenaurach vorgestellt (vgl. Titelbild) und werden ab Mitte 2017 in Form eines Herausgeberbands beim Springer-Verlag erhältlich sein.

Kontakt

M. Sc. Chantal Sinnwell
 E-Mail: chantal.sinnwell@mv.uni-kl.de
 Telefon: 0631 205 - 3369

Transferprojekt im Rahmen des SFB 926 bewilligt Auslegung und Fertigung flächenhafter Kalibriernormale auf Basis realer Bauteiloberflächen

Im Rahmen des SFB 926 „Bauteiloberflächen: Morphologie auf der Mikroskala“ wurde zum 01.04.2017 ein weiteres Transferprojekt mit einer Laufzeit von drei Jahren bewilligt. Transferprojekte dienen zur Validierung von Erkenntnissen der Grundlagenforschung unter Praxisbedingungen oder zur Entwicklung eines Prototyps bzw. einer beispielhaften Anwendung gemeinsam mit Anwendungspartnern. Dabei sollen die Firmen von den gewonnenen Erkenntnissen des Sonderforschungsbereichs profitieren und die Grundlagenforschung im Sonderforschungsbereich soll durch wichtige Anregungen und Hinweise aus der Praxis bereichert werden.



Fertigung eines profilhaften Kalibriernormals

Das Projekt unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich, FBK, und Prof. Jörg Seewig, Lehrstuhl für Messtechnik & Sensorik, hat zum Hauptziel, eine erstmalige systematische Untersuchung der Auslegung und Fertigung von praxisnahen und flächenhaften Kalibriernormalen zu realisieren. Hintergrund ist, dass aktuelle Normale, wie sie u.a. in der Norm DIN EN ISO 25178 - 70 standardisiert sind, idealisierte Oberflächenstrukturen, also in der Praxis nichtexistierende, homogene bzw. künstliche Strukturen, abbilden. Diese künstlichen Oberflächenstrukturen stehen nicht im Einklang der zu kalibrierenden Anwendung, also den gefertigten Bauteilen. Durch die Anpassung des Kalibrierprozesses an die jeweilige Messaufgabe kann die zu erwartende Messunsicherheit deutlich besser abgeschätzt werden. Dies soll durch den neuen Ansatz zur Auslegung flächenhafter Kalibriernormale erreicht werden.

In Vorarbeiten wurden für den profilhaften Anwendungsfall bereits unterschiedliche Kalibriernormale ausgelegt sowie deren Fertigung unter-

sucht. Das Ziel des Transferprojektes ist eine zuverlässigere Abbildung von funktionsrelevanten 3D-Bauteiloberflächen, also der Übertrag der vorhandenen Erkenntnisse von einfachen, profilhaften Kalibriernormalen hin zu komplexen, dreidimensionalen, flächenhaften Strukturen. Im Rahmen der ersten Förderperiode des SFB 926 konnte dabei im Rahmen von Untersuchungen zur Kalibrierung des Ellipso-Höhen-Topometers festgestellt werden, dass noch viele offene Fragen bei der Kalibrierung von flächenhaft messenden Topographiemessgeräten vorhanden sind, wie zum Beispiel die Ermittlung der lateralen Auflösungsgrenze.

Um die Vorteile einer praxisnahen Kalibrierung ebenfalls für flächenhafte Anwendungen nutzen zu können, werden im Transferprojekt erstmalig die systematische Auslegung und Fertigung entsprechender Kalibriernormale untersucht. Die Auslegung der Geometrien wird dabei rechnergestützt, unter Berücksichtigung virtueller Fertigungs- und Messprozesse durchgeführt. Dabei wird die Modellierung verschiedener Fertigungsprozesse, wie dem Ultrapräzisionsdrehen und dem Mikrofräsen sowie unterschiedlicher Messprozesse, wie der Weißlichtinterferometrie oder der winkelauflösenden Streulichtmesstechnik angestrebt.

Die Auslegung der Fertigungsprozesse und der eingesetzten Werkzeuge erfolgt dabei in Zusammenarbeit mit dem Ultrapräzisionsmaschinen- und -komponentenhersteller LT Ultra sowie dem Diamantwerkzeughersteller Matzdorf. Die Fertigung der ausgelegten Kalibriernormale ermöglicht dabei eine experimentelle Verifikation der gefertigten Oberflächentopographien. Im Rahmen der anschließend durchzuführenden Vermessungen der Bauteiloberflächen wird dabei mit den Messgeräteherstellern Jenoptik Industrial Metrology Germany sowie Optosurf zusammengearbeitet. Diese unterstützen neben der messtechnischen Erfassung der Oberflächen auch die Ausgestaltung der entsprechend praxisnahen Kalibrierstrategien. Somit kann zum Beispiel die Rückführung des winkelauflösenden Streulichtensors verbessert werden und eine bessere Abschätzung der Messunsicherheit erfolgen. Die Transferpartner tragen damit dazu bei, die Kompetenzen des SFB 926 hinsichtlich der applikationsspezifischen Auslegung von Fertigungsprozessen mit Diamantwerkzeugen sowie die praxisnahe Auslegung von Kalibrierprozessen zu erweitern.

Kontakt

Dr.-Ing. Benjamin Kirsch

E-Mail: benjamin.kirsch@mv.uni-kl.de

Telefon: 0631 205 - 3770

Neues Großgerät am FBK



Installation des Ultrapräzisionsbearbeitungszentrums am FBK

Zur Durchführung der im Rahmen des SFB 926 „Bauteiloberflächen: Morphologie auf der Mikroskala“ geplanten Untersuchungen wurde ein Ultrapräzisionsbearbeitungszentrum (MMC 600 H) der Firma LT-Ultra beschafft, welches eine 5-Achs-Simultanbearbeitung erlaubt. Hiermit kann die Freiformflächenbearbeitung auf der Mikroskala mit Mikro-

räs- und Mikroschleifwerkzeugen kleiner 100 µm erfolgen. Neben den Grundlagenuntersuchungen in der Mikrozerspannung ist die Fertigung von Werkstücken für wissenschaftliche Untersuchungen verknüpfter Teilprojekte innerhalb des SFB 926 wesentlicher Bestandteil der Forschungsarbeiten, bei denen das neue Bearbeitungszentrum zum Einsatz kommt. Hierdurch wird die geometrische Vielfalt der möglichen Werkzeuge deutlich erweitert.

Um den Einsatz von Mikrowerkzeugen mit geringen Durchmessern sowie eine hohe Wiederholgenauigkeit der herzustellenden Proben zu gewährleisten, verfügt die Werkzeugmaschine über eine luftgelagerte Werkzeugspindel und hydrostatisch gelagerte Hauptachsen. Die luftgelagerte Werkzeugspindel ist mit einem Hohlenschaftkegelspannsystem ausgestattet und erreicht eine maximale Drehzahl von 80.000 1/min bei geringster Rundlaufabweichung. Aufgrund der geringen Werkzeug- und Strukturdimensionen ist neben einem Werkzeugeinmesssystem ein integriertes optisches Messsystem zur Vermessung von Werkstücken im eingespannten Zustand in der Maschine integriert. Das optische Messsystem erlaubt weiterhin eventuell anfallende Nacharbeiten ohne Umspannvorgang durchzuführen, um so höchste Bauteil- und Strukturgenauigkeiten zu erreichen. Des Weiteren verfügt die Maschine über einen vollautomatischen Werkzeugwechsler und eine Flycutterspindel zum Planfräsen der Proben.



Additive gefertigte Verdichterräder

Am 28. Juni 2017 veranstaltet das FBK ein Industrieseminar zum Thema „Aktuelle Trends der additiven Fertigung“. Die additive Fertigung als innovatives Fertigungsverfahren bietet großes Potenzial bei der Gestaltung und Fertigung von Werkstücken und findet zunehmend industrielle Anwendung. So lassen sich beispielsweise mit additiv gefertigten Werkzeugen die Zykluszeiten beim Spritzgießen um bis zu 45% reduzieren. Auch ermöglicht die additive Fertigung eine Integralbauweise, welche die Anzahl der Komponenten einer Baugruppe verringert und dadurch den Montage- und Logistikaufwand reduziert.

Im Rahmen des Industrieseminars werden Grundlagen der additiven Fertigungsverfahren für Metallbauteile, Anwendungsmöglichkeiten, Gestaltungsregeln und Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen sowie aktuelle Forschungsergebnisse werkstoffkundlicher Untersuchungen vermittelt. Die Teilnehmer haben zudem die Möglichkeit, direkt mit Anlagenherstellern, Anwendern, Dienstleistern und Wissenschaftlern in Kontakt zu treten. Das Seminar richtet sich vorrangig an Industrievertreter, die planen die additive Fertigung in ihrem Unternehmen einzusetzen bzw. ihr Produktportfolio um additive Technologien zu erweitern.

Weitere Informationen und die Anmeldung zum Industrieseminar finden Sie unter www.mv.uni-kl.de/fbk/industrie/seminare/. Wir freuen uns auf Ihre Anmeldung.

Weitere Informationen und die Anmeldung zum Industrieseminar finden Sie unter www.mv.uni-kl.de/fbk/industrie/seminare/. Wir freuen uns auf Ihre Anmeldung.

Kontakt

Dipl.-Ing. Sebastian Greco
E-Mail: sebastian.greco@mv.uni-kl.de
Telefon: 0631 205 - 5938

Maschinenbauer und Verfahrenstechniker der TU Kaiserslautern feiern 1.000. Promotion

Im Februar 2017 legte Timo Kiekbusch vom Lehrstuhl für Maschinenelemente und Getriebetechnik als 1.000. Doktorand im Fachbereich Maschinenbau und Verfahrenstechnik an der TU Kaiserslautern seine Promotionsprüfung ab. Seitdem Hans-Georg Scherer am 30. Oktober 1973 als erster Doktorand seine Promotionsprüfung ablegte, „haben wir heute im Schnitt 50 Promotionen pro Jahr in unserem Fachbereich“, so Marcus Ripp, Geschäftsfüh-

rer des Fachbereichs Maschinenbau und Verfahrenstechnik. Der Fachbereich würdigt die entstandenen Doktorarbeiten mit einer Ausstellung aller Promotionsthemen. Darin ausgestellt sind auch alle 96 Promotionsthemen die am FBK in den letzten 32 Jahren erfolgreich bearbeitet wurden. Bei über 20 aktuell laufenden Promotionsvorhaben am FBK steht auch hier ein Jubiläum, die 100. Promotion am FBK, kurz bevor.

Neue Mitarbeiter



Carina Siedler arbeitet seit Februar 2017 als wissenschaftliche Mitarbeiterin am FBK. Der Schwerpunkt ihrer Tätigkeit liegt im Bereich Cyber-physische Produktionssysteme.



Christopher Gläßner arbeitet seit Januar 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Additive Fertigung.



Daniel Müller arbeitet seit April 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Bohren.



Li Yi arbeitet seit Januar 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am FBK. Der Schwerpunkt seiner Tätigkeit liegt im Bereich Additive Fertigung und Produkt-Service Systeme.

Ausgewählte Veröffentlichungen

P.A. Arrabiyeh, B. Kirsch, J.C. Aurich: Development of Micro Pencil Grinding Tools Via an Electroless Plating Process. *Journal of Micro and Nano Manufacturing* 5/1 (2017): S. 011002-1-011002-6.

J.C. Aurich, P. Kölsch, C.F. Herder, G. Mert: PSS 4.0 – Einflüsse von Industrie 4.0 auf Produkt-Service Systeme. *ZWF – Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb* 111/09 (2016): S. 565-568.

S. Basten, B. Kirsch, H. Hasse, J.C. Aurich: Neue kryogene Kühlstrategie für die Zerspaltung. *MM Maschinenmarkt* 13 (2017): S. 24-28.

K.-D. Bouzakis, P. Charalampous, T. Kotsanis, G. Skordaris, E. Bouzakis, B. Denkena, B. Breidenstein, J.C. Aurich, M. Zimmermann, T. Herrmann, R. M'Saoubi: Effect of HM substrates' cutting edge roundness manufactured by laser machining and micro-blasting on the coated tools' cutting performance. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology* (2017): [DOI: [dx.doi.org/10.1016/j.cirpj.2017.02.003](https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2017.02.003)]

R. Ilsen, H. Meissner, J.C. Aurich: Optimizing energy consumption in a decentralized manufacturing system. *Journal of Computing and Information Science in Engineering* (2016): [DOI: [10.1115/1.4034585](https://doi.org/10.1115/1.4034585)]

G. Mert, B.S. Linke, J.C. Aurich: Analysing the Cumulative Energy Demand of Product-Service Systems for wind turbines. *Procedia CIRP* 59 - Proceedings of the 5th International Conference on Through-life Engineering Services (2017): S. 214-219.

S. Schindler, P. Steinmann, J.C. Aurich, M. Zimmermann: A thermo-viscoplastic constitutive law for isotropic hardening of metals. *Archive of Applied Mechanics* 87/1 (2017): S. 129-157.

E.J. Silva, B. Kirsch, A.C. Bottene, A. Simon, J.C. Aurich, J.F.G. Oliveira: Manufacturing of structured surfaces via grinding. *Journal of Materials Processing Technology* 243 (2017): S. 170-183.

Herausgeber

Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation
Prof. Dr.-Ing. Jan C. Aurich

Kontakt

Lehrstuhl für Fertigungstechnik und Betriebsorganisation
Technische Universität Kaiserslautern
Postfach 3049
67653 Kaiserslautern

E-Mail: fbk@mv.uni-kl.de Tel.: 0631 205 - 2618
Internet: www.fbk-kl.de Fax: 0631 205 - 3238

Zu allen Veranstaltungen, Veröffentlichungen und Projekten erhalten Sie neben den angegebenen Quellen Informationen beim Herausgeber.

Der Infobrief ist auch in elektronischer Form als PDF-Datei über die Internet-Seiten des FBK erhältlich. Dort kann der Infobrief ebenfalls abonniert werden.

ISSN 1615-2492