

HENRIK SCHNEGAS, HOCHSCHULE WISMAR, UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES: TECHNOLOGY,  
BUSINESS AND DESIGN

### **Der klassische Produktentwicklungsprozess im schwierigen Kontext zum Innovations- und Qualitätsmanagement**

**Inhalt:** Mit der VDI 2221 wurde primär für rational denkende Ingenieure eine Methodik für den Produktentwicklungsprozess (PEP) geschaffen, mit der neben Varianten- und Anpassungskonstruktionen auch Innovationen geschaffen werden sollen, was jedoch im Widerspruch zu aktuellen psychologischen Erkenntnissen über Kreativität und Innovation steht. Der vorliegende Beitrag stellt ein Arbeitsmodell vor, mit dem der PEP auf der Basis der seit 2015 eingeführten neuen Qualitätsnorm DIN EN ISO 9001 erstmalig auch risikobasiert betrachtet und mittels PDCA-Zyklus kontinuierlich verbessert werden kann. Qualitätswerkzeuge werden zur Selbstverständlichkeit im Konstruktionsprozess und durch Werkzeuge aus dem Innovationsmanagement wie Ideengenerierungs- und Bewertungstools ergänzt. Aufgezeigt wird, wie das rationale Denken und Handeln, die logischen geradlinigen Prozesse und die frühzeitige Evaluierung auf der Basis bekannter technischer, ökonomischer und juristischer Restriktionen, was dem Qualitäts- und Produktentwicklungsmanagement eigen ist, mit den aktuellen Erfordernissen des Innovationsmanagements wie intuitives Denken und Handeln, zufällige, chaotische laterale Prozesse und die Aufhebung von Denkbarrieren verknüpft werden können.

**Stichwörter:** Produktentwicklungsprozess, VDI 2221, Innovationsmanagement, Kreativitäts- und Innovationsmethoden, Qualitätsmanagement, DIN EN ISO 9001:2015.

### **The traditional product development process in the difficult context of innovation- and qualitymanagement**

**Abstract:** Guideline VDI 2221 is a rule for rational thinking productdevelopment engineers. Guideline is also an instruction for creation of innovative products. But, there is a contradiction in case of actually scientific psychological results in creativity and innovation. In this paper a new model is given. The model ist the combination of traditional product development by VDI 2221, the new Quality standard DIN EN ISO 9001 and the Innovationmanagement and the Methodology of Innovationprozess. Quality tools are normal parts of the designprocess. Tools of the innovationsmanagement are also integrated in to the traditional method.

**Keywords:** Productdevelopmentprocess, VDI 2221, Innovationmanagement, Creativity- and Innovationmethods, Qualitymanagement, DIN EN ISO 9001:2015.

NATALIE PEGLOW, JONAS POWELSKE, CLEMENS BIRK, ALBERT ALBERS, NIKOLA BURSAC  
KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), IPEK – INSTITUT FÜR  
PRODUKTENTWICKLUNG, KARLSRUHE

### **Systematik zur Differenzierung von Varianten im Kontext der PGE- Produktgenerationsentwicklung**

**Inhalt:** Dem Megatrend Individualisierung folgend versuchen Unternehmen zunehmend den vielfältigen Kundenwünschen mit einem variantenreichen Produktportfolio zu entsprechen. Die hohe Variantenanzahl erfordert einen steigenden strukturellen und organisatorischen Aufwand, dem die Unternehmen wiederum mit Hilfe eines systematischen Variantenmanagements zu begegnen versuchen. Hierfür ist es notwendig, sowohl die angebotene als auch die angestrebte Variantenvielfalt innerhalb des Produktportfolios kritisch zu hinterfragen. Im Rahmen dieses Beitrags werden anhand von Fallbeispielen aus der Industrie charakterisierende Aspekte für Varianten empirisch untersucht. Basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen wird eine Systematik vorgeschlagen, die eine frühzeitige Einordnung ermöglichen, ob das bearbeitete Objekt als Variante oder neue Produktgeneration zu verstehen ist. Die Einordnung erfolgt anhand von binären Leitfragen und einer Formel zur Differenzierung. Die gewonnenen Erkenntnisse lassen sich im Anschluss nutzen, um die Auswirkungen auf das vorhandene Produktportfolio abzuschätzen und strategische Entscheidungen zu unterstützen. Die Anwendung der Systematik ist ebenfalls anhand eines Fallbeispiels aus der Industrie dargestellt

**Stichwörter:** Variantenvielfalt, Variantenmanagement, Bewertungssystematik, Formel zur Differenzierung

## **Systematics for Differentiation of Variants in the Context of PGE – Product Generation Engineering**

**Abstract:** Following the megatrend, individualization companies are increasingly trying to meet the diverse customer requirements with a varied product portfolio. The large number of variants requires an increasing structural and organizational effort, which companies try to address with a systematic variant management. It is necessary to question both the offered as well as the desired variety of variants critically. In this article at first empirical case studies are conducted to identify characterizing aspects of variants. Based on the findings a systematic is proposed which allows an early classification whether the edited object is to be understood as a variant or a new product generation. The classification is based on binary guiding questions and on a calculation formula for differentiation. The result can be used to assess the impact on the existing portfolio and to support strategic decisions. The application of the systematic is illustrated by a case study from the industry.

**Keywords:** variant diversity, variant management, evaluation systematic, calculation formula for differentiation

CHRISTIAN DINKEL, FRANK RIEG, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLEHRE UND CAD,  
UNIVERSITÄT BAYREUTH

## **Entwicklung und Verifizierung eines Berechnungsprogramms zur thermischen Bewertung von nuklearen Transport- und Lagerbehältern**

**Inhalt:** Die Abfuhr der Nachzerfallswärme ist eines von mehreren Schutzzielen von Transport- und Lagerbehältern für abgebrannte Brennelemente (T/L-Behälter). Die Finite Elemente Analyse (FEA) ist dabei eine wichtige Methode für die thermische Auslegung derartiger Behälter. Von besonderem Interesse ist ein gasgefüllter Ringspalt, der den Behälter in einen inneren und einen äußeren Teil trennt. Um den Einfluss des Spaltes, der im Verhältnis zu den übrigen Abmessungen eines T/L-Behälters äußerst klein ist, effizient in einer FE-Simulation mit allen für die Wärmeübertragung nötigen Effekten abzubilden, wird im Rahmen eines Forschungsprojekts eine spezielle Randbedingung entwickelt, die als sogenannte thermische Spaltbedingung (TSB) bezeichnet wird. Mithilfe dieser TSB soll es möglich sein, die Einflüsse des Ringspaltes auf die Wärmeübertragung zu berücksichtigen, ohne diesen zu vernetzen. Zur Beschreibung der thermischen Vorgänge werden analytische Gleichungen aufgestellt. Die Herausforderung liegt in der Definition dieser analytischen Gleichungen. Die korrekte Funktionsweise der thermischen Spaltbedingung wird mittels Prüfstandversuchen verifiziert. Wird eine TSB erfolgreich aufgestellt, führt ihre Verwendung zu einer deutlichen Vereinfachung des Modellierungsaufwands und ermöglicht eine kurze Berechnungszeit bei gleichzeitiger Berücksichtigung der entscheidenden thermischen Effekte im Ringspalt.

**Stichwörter:** thermische Finite Elemente Analyse, Transport- und Lagerbehälter, Lagrange-Multiplikator-Methode

## **Development and verification of a simulation tool for the thermal evaluation of nuclear transport- and storage casks**

**Abstract:** The dissipation of decay heat is one among other protection objectives of nuclear transport- and storage casks (T/S-cask). The Finite Element Analysis (FEA) is an important method for the thermal evaluation of such casks. A gas filled annular gap, which divides the cask in inner, and outer part is of particular interest. In comparison to the remaining dimensions, the gap is very small. In order to include its influences in thermal calculations efficiently, a special boundary condition, called Thermal Gap Condition (TGC), is developed within the frame of a research project. With the help of the TGC, it is possible to consider the influences of the annular gap on the heat transfer without the need of meshing this area. Analytical equations are used to describe the thermal processes. The correct creation of these equations is a big challenge. The proper functioning of the Thermal Gap Condition is verified by testbench experiments. After the successful implementation of a TGC the modeling effort and the calculation duration is reduced significantly, whereby the thermal effects of the annular gap are considered.

**Keywords:** thermal Finite Element Analysis, Transport- and Storage Cask, Lagrange Multiplier Method

PHILIPP SEMBDNER, MORITZ NÖGEL, DIRK HOFMANN, CHRISTINE SCHÖNE, RALPH STELZER,  
FAKULTÄT MASCHINENWESEN, LEHRSTUHL KONSTRUKTIONSTECHNIK/CAD (KTC), TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT DRESDEN

## **Analyse und Bewertung von Simulationswerkzeugen für generativ gefertigte Bauteile**

**Inhalt:** Im vorliegenden Beitrag werden die Simulationswerkzeuge Additive Works Amphyon, Simufact additive, 3DSIM exasim und Geonx Virfac Additive Manufacturing vorgestellt, verglichen und bewertet. Dafür werden spezifische Bewertungskriterien aufgestellt. Ferner werden besondere Funktionen einzelner Simulationsprogramme aufgezeigt sowie die derzeit bestehenden Defizite erörtert.

**Stichwörter:** Generative Fertigung, Prozesssimulation, Inherent strain Methode, Fertigungsanalyse.

## Analysis and evaluation of simulation tools for additive manufactured parts

**Abstract:** In this paper, the simulation tools Additive Works Amphyon, Simufact additive, 3DSIM exasim und Geonx Virfac Additive Manufacturing are presented, compared and evaluated. For that, specific criteria were defined. Furthermore, special functions of the simulation programs are presented and the current deficits are discussed.

**Keywords:** Additive manufacturing, process simulation, inherent strain method, manufacturing analysis

SEBASTIAN HOFMANN, FRITZ-SÜCHTING-INSTITUT FÜR MASCHINENWESEN, TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL

## Berücksichtigung radial aufweitender Lasten am stirnseitig befestigten Freilauf

**Inhalt:** Kraftschlüssige Freiläufe bauen an den Klemmstellen im Inneren des eigentlichen Freilaufs hohe zur Funktionserfüllung notwendige Normalkräfte auf. Diese radial aufweitenden Lasten wirken im Fall der stirnseitigen Befestigung über eine Mehrschraubenverbindung auf letztere rück. Die Mechanismen, die hinter dieser Rückwirkung stehen und Möglichkeiten diese Rückwirkung auf die Belastungssituation in der ebenfalls kraftschlüssigen stirnseitigen Verschraubung abzuschätzen, werden in diesem Artikel erläutert. Es wird auf die Möglichkeiten der Abschätzung der entstehenden Zusatzlasten in der Reibfuge über ein einfaches Starrkörpermodell und über das für eine elastomechanische Näherung genutzte RITZ'sche Verfahren eingegangen.

**Stichwörter:** Freilauf, stirnseitig, Befestigung, Verschraubung, radiale Aufweitung, radiale Zusatzkraft

## Consideration of radial widening loads on the front mounted freewheel clutch

**Abstract:** Out of the frictional operating principle of freewheel clutches result high normal loads at the clamping points inside the freewheel clutch. These radial widening loads react on the front mounted multi bolted joints of the clutch. Mechanisms leading to this reaction and possibilities for estimating the reaction on the frictional front mount are to be discussed in this article. Estimating the additional forces in the frictional joint is explained using a simple rigid body model and elastomechanical approximation based on the RITZ approximation method.

**Keywords:** freewheel clutch, front mount, bolted joint, radial widening, additional radial force

DANIEL BILLENSTEIN, FRANK RIEG, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLEHRE UND CAD, UNIVERSITÄT BAYREUTH

## Untersuchung der Steifigkeitsanbindung für die systembasierte Komponenteoptimierung

**Inhalt:** Die Berücksichtigung von angrenzenden Bauteilen und die daraus resultierende Kontaktproblematik in der Finite Elemente Analyse (FEA) ist eine große Herausforderung für die Konditionierung des Gleichungssystems. Derartige Probleme haben auch in der Topologieoptimierung bei der Abbildung des elastischen Umfeldes und somit bei der systembasierten Komponenteoptimierung eine große Relevanz. Insbesondere wenn das Optimierungsziel die Maximierung der Steifigkeit ist, ergeben sich numerische Instabilitäten, die strengere Anforderungen an die zu wählenden Kontakteinstellungen erfordern. Zur Vermeidung dieses Effektes können in der FE-Modellbildung Koppelbedingungen eingesetzt werden, welche ebenfalls die Freiheitsgrade mehrerer Knoten benutzerdefiniert verbinden können, jedoch ist dabei eine höhere numerische Stabilität gegeben. Diese Art der Modellierung erlaubt zudem die Anbindung von Steifigkeiten, welche auf einen oder wenige Punkte reduziert wurde, wodurch eine klassische Kontaktsimulation nicht mehr möglich ist. Die dazu durchgeführten FE-Untersuchungen zeigen Modellierungsstrategien mit Koppelbedingungen, die deren Potential zur Anbindung von Steifigkeiten bestätigen und teils nur geringe Abweichungen zu den jeweiligen Referenzlösungen aufweisen. Allerdings treten in Kontaktnähe, wie bei einer klassischen Kontaktberechnung, unerwünschte Effekte (z. B. Einschnürungen) auf. Daraus resultierend eignen sich Koppelbedingungen vor allem bei der Anbindung reduzierter Steifigkeiten.

**Stichwörter:** Topologieoptimierung, Kontaktsteifigkeits-Stege, Koppellemente.

## Investigation of the stiffness linkage at the system-based component optimization

**Abstract:** Considering adjacent parts in finite element analysis (FEA) leads to a contact problem, which is a big challenge for the condition of the system of linear equations. The same problem also applies for topology optimization. In the so-called system-based part optimization numerical instabilities occur, especially if the optimization target is set to stiffness maximization. In this case, the product developer has to choose the contact parameters much more carefully. To avoid this effect you can build the finite element model using couplings, which also enable the user-defined linkage of several nodes' degrees of freedom. Couplings moreover allow the connection of parts, which are reduced to one or few points, which cannot be done in a classic contact simulation. The executed investigations on modeling strategies with couplings yield only small deviations from the particular reference solutions, which confirms their potential to connect stiffnesses. However in the contact zone unwanted effects (e.g. neckings) occur, as they do in a contact simulation. According to this, couplings are primarily qualified for the connection of reduced stiffnesses.

**Keywords:** Topology optimization, contact stiffness supports, couplings.

MARCEL HEß, FRITZ-SÜCHTING-INSTITUT FÜR MASCHINENWESEN, TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CLAUSTHAL

### Auswirkung von Laufflächenbombierungen auf den Schmierfilmaufbau in Druckkammlagern

**Inhalt:** In ihrer Grundform werden die Laufbahnen von Druckkammlagern als Kegelflächen ausgeführt, für die sich im nicht deformierten Kontakt eine Linienberührung ergibt. Unter Last kann es infolge elastischer Deformationen zum Kantentragen kommen. Eine Vermeidungsoption ist das Bombieren einer Laufbahn quer zur Laufrichtung. Die Bombierung wirkt als Laufflächenrücknahme im Kantenbereich und erzeugt einen Punktkontakt. Anhand von experimentellen Untersuchungen und Simulationsrechnungen werden die Auswirkungen unterschiedlicher Bombierungen auf das Übergangsverhalten in die Vollschnierung sowie die Kompensation etwaiger Neigungsfehler betrachtet.

**Stichwörter:** Druckkammlager, Bombierung, Neigungsfehler

### Impact of crowned running surfaces on the lubrication film formation in thrust cone bearings

**Abstract:** The running surfaces of thrust cone bearings are typically designed as conical rims. Due to elastic deformations, the expected line contact may become thinner at the edges, if load is applied to the bearing. A possible option to avoid edge thinning is cambering a running surface transversally to its running direction, which will lead to a point contact. Based on experimental investigations and simulations, the influence of cambering on the transition to full lubrication regime and the compensation of possible inclination errors shall be illustrated.

**Keywords:** Thrust Cone Bearing, Crowning, Cambering, Misalignment

ALI DARYUSI, PROFESSUR FÜR MASCHINENELEMENTE UND CAD/CAE-LABOR, HOCHSCHULE  
OFFENBURG

### FEM-Analyse an Stäben mit Halbkreisnut und überlagerter Querbohrung zur Überprüfung des Thum'schen Verfahrens

**Inhalt:** Viele hochbeanspruchte Bauteile müssen zur Erfüllung ihres konstruktiven Zwecks mit Durchdringungskerben versehen werden. Infolge der gegenseitigen Wechselwirkung gelten für die Kerbwirkung dieser Art von Mehrfachkerben andere Gesetzmäßigkeiten als bei Einzelkerben. Die Weiterentwicklung der Lehre von der Tragfähigkeitsberechnung höchstbeanspruchter Maschinenelemente macht es notwendig, sich mit der Durchdringungskerbwirkung eingehend zu befassen. Thum und Svenson entwickelten im Jahr 1949 ein Näherungsverfahren zur Abschätzung der Formzahl an einem zugbelasteten Stab mit Durchdringungskerben. In vielen Lehrbüchern findet dieses Verfahren Anwendung. Aus heutiger Sicht erscheint die Eignung der aus diesem Ansatz erzielten Ergebnisse als dringend überprüfungswürdig. Das thum'sche Verfahren wird unter die Lupe genommen. Der hier vorliegende Beitrag präsentiert mit Hilfe der Finiten-Elemente-Methode (FEM) neue Untersuchungsergebnisse an zugbeanspruchten Stäben mit Halbkreisnut und überlagerter Querbohrung. Diese ergaben, dass die Berechnung noch Lücken aufweist. Ihr Ansatz stellt für den heutigen Entwicklungsstand eine mit zu großen Abweichungen behaftete Näherungshypothese dar.

**Stichwörter:** Halbkreisnut, Querbohrung, FEM, Mehrfachkerbwirkung, Formzahlen.

### FEM analysis of multiple notches in bars with semicircular groove and cross hole to check of the Thum's method

**Abstract:** Many highly stressed machine elements have to be provided with penetration notches in order to fulfill their constructional purpose. The notch effect of this kind of the multiple notches is due to the mutual interaction different from that of single notches. The development of the Teaching of the Calculation of load capacity (ultimate limit) of highly stressed machine elements (shafts and axles) makes it necessary

to deal in detail with the multiple notches. Thum and Svenson developed in 1949 an approximate method to estimate the Stress concentration factor at one tension-loaded rod with the superimposed (overlapping) notches. This method is used in many teaching books. From today's perspective, the suitability of the results obtained from this approach appears to be urgently to be checked. This paper presents new results with the finite element method (FEM) to the tensile rods with semicircular notch and layered cross-hole. The results showed that the calculation is vitiated by gaps. Their approach is afflicted by a large percentage deviation to the FEM results.

**Keywords:** semicircular groove, cross-hole, FEM, multiple notch-effective, stress concentration factors.

MAX PRUMBOHM, DAVID CHORZEWSKI, ARMIN LOHRENGEL, INSTITUT FÜR MASCHINENWESEN,  
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL

## **FEM-Modell der grundlegenden Vorgänge einer Anlage zum Zerlegen metallisch umhüllter Bauteile**

**Inhalt:** Um die Tiefe der wirtschaftlichen Aufbereitung von elektronischen Bauteilen zu verbessern, wird am Institut für Maschinenwesen an der Entwicklung eines automatischen und kontinuierlichen Zerlegungsverfahrens gearbeitet. Statt einer herkömmlichen Zerkleinerung, werden Bauteile mit Blechhülle in die Bestandteile zerlegt. Ziel ist eine Aufkonzentration der Bestandteile, die die Zielelemente enthalten. Das Verfahren ist stark von der Werkzeuggestaltung abhängig, eine breite Untersuchung verschiedener Parameter in der Praxis ist aufgrund der großen Anzahl aufwendig und teuer. Zur zielgerichteten Untersuchung soll ein Modell mittels Finite Elemente Methode mit expliziter Dynamik erstellt werden und erste Ergebnisse aus diesem abgeleitet werden.

**Stichwörter:** Recycling, Seltene Erden, Wertstoffrückgewinnung, Elektroschrott, Blechumhüllte Bauteile, Aufkonzentration, Anlagenentwicklung, FEM-Modell

## **FEM model of the basic operations of a dismantling process for metal-coated WEEE**

**Abstract:** To improve the depth of the economic recycling of electronic components Institute of mechanical engineering of Clausthal University of Technology is working on an automatic and continuous separation procedure. Instead of a conventional crushing, the disassembling of components with sheet metal cover is the aimed. The procedure depends very much on the tool design; a wide investigation of various parameters in practice is complicated and expensive due to the large number of tools. To focus these studies a model using finite element method with explicit dynamics was the aim and first results are shown in the following.

**Keywords:** recycling, disassembling, WEEE, metalcoated products, accumulation, product development, FEM

PASCAL LÜNNEMANN, WEI MIN WANG, RAINER STARK, VIRTUELLE PRODUKTENTSTEHUNG,  
INSTITUT FÜR PRODUKTIONSANLAGEN UND KONSTRUKTIONSTECHNIK, TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT BERLIN

## **Methodische Analyse der Entwicklungsaktivitäten**

**Inhalt:** Die Produktentwicklung ist gekennzeichnet durch eine traditionelle Intransparenz und zunehmende Komplexität an Abläufen und Informationsaustauschen. Zahlreiche Ansätze und Methoden sollen dabei helfen dem Komplexitätszuwachs entgegen zu wirken und die zahlreichen, für die Produktentwicklung benötigten Informationen für die Ingenieure greifbar zu machen. Gleichzeitig treiben die zunehmende Vernetzung in kollaborativen Entwicklungen, zunehmende Funktionsumfänge der entwickelten Produkte und die Digitalisierung der Entwicklungsumgebungen die zu berücksichtigenden Informationen weiter in die Höhe. Die nachhaltige Gestaltung des Entwicklungsumfeldes gestaltet sich somit zunehmend schwierig. Um dieser Herausforderung gerecht zu werden wurde auf Basis des „Betriebssystems der Entwicklung“ eine an Taylor und Gilbreth angelehnte Untersuchung der Entwicklungsaktivitäten in der Produktentwicklung durchgeführt. Das Modell, die durchgeführte Untersuchung und die identifizierten Aktivitäten werden im Rahmen dieser Veröffentlichung vorgestellt.

**Stichwörter:** Entwicklungsaktivitäten, Entwicklungsumgebung, Beschreibungsmodell der Entwicklung

## Methodical analysis of engineering activities

**Abstract:** Product development is characterized by a traditional intransparency and increasing complexity of processes and information exchanges. Numerous approaches and methods are intended to help counteract the increase of complexity and to make the numerous information needed for product development tangible for the engineers. At the same time, the increasing networking in collaborative developments, the increasing functional scope of the developed products and the digitization of the engineering environments continue to drive the information to be taken into account. The sustainable shaping of the development environment is therefore increasingly difficult. In order to meet this challenge, an analysis of engineering activities in product development based on the "operating system of development", based on Taylor and Gilbreth, was carried out. The model, the investigation carried out and the activities identified are presented in this publication.

**Keywords:** Engineering Activities, Engineering environment, Engineering Operation System

DANIEL MOSELEWSKI, GEORG JACOBS, MANUEL LÖWER, FATMIR SULEJMANI, CHRISTIAN KONRAD, TIM KATZWINKEL, LEHRSTUHL UND INSTITUT FÜR ALLGEMEINE KONSTRUKTIONSTECHNIK DES MASCHINENBAUS, IKT

## Methode zur Analyse schlafender Fehler innerhalb einer Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse

**Inhalt:** Der vorliegende Beitrag demonstriert die Anwendung einer am ikt entwickelten Methode zur Analyse schlafender Fehler innerhalb einer Produkt-FMEA anhand eines abstrahierten Beispielprodukts.

**Stichwörter:** Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse, FMEA, Redundanz, simultan vorliegende Fehler, Ausfälle mit gemeinsamer Ursache, schlafende Fehler, Konjunktion

## Method for the investigation of sleeping errors within a Failure Mode and Effects Analysis

**Abstract:** Within this Paper, the usage of a method developed at ikt for the analyzation of dormant failures in a Product-FMEA is demonstrated with an abstracted example product.

**Keywords:** Failure Mode and Effects Analysis, FMEA, Redundancy, simultaneous existing failures, common cause failures, CCF, dormant failures, conjunction

MARC CLAUS SCHMITT, KARL-HEINRICH GROTE, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION LEHRSTUHL KONSTRUKTIONSTECHNIK, OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG

## Entwicklung einer Prüffeldoptimierungsmethodik zur Prozessoptimierung im Prüffeldbetrieb

**Inhalt:** Prüffeldbetreiber stehen vor der Herausforderung, eine steigende Anzahl an Aufgaben in einer verringerten Zeitspanne zu absolvieren. Dies führt zur Notwendigkeit einer optimalen Nutzung des kostenintensiven Prüffeldes. Bestehende Optimierungsmethoden für den Prüffeldbetrieb machen nur wenig strukturierte Vorgaben zur Durchführung von Prozessverbesserungen. Im Produktionsbereich existieren hingegen weit entwickelte Optimierungsmethoden. Daher wird bewertet, welche Optimierungsmethoden der Produktion sich für eine Übertragung auf den Prüffeldbetrieb eignen. Die ermittelten Methoden Kaizen, Six Sigma und die Wertstrommethode dienen als Basis zur Entwicklung der Prüffeldoptimierungsmethodik: Diese ermöglicht sowohl einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess als auch die strukturierte Durchführung von Verbesserungsprojekten. Die Anwendung der Methodik im Prüffeldbetrieb eines Automobilherstellers bestätigt die Leistungsfähigkeit.

**Stichwörter:** Optimierungsmethodik, Prüffeld, Prüfstand, Produktion, Prozessoptimierung, Übertragbarkeit

## Development of a test field optimization methodology for process optimization in test facility operation

**Abstract:** Test field operators face the challenge of conducting an increasing number of tasks in a reduced time span. This leads to the need for an optimal use of the cost-intensive test field. Existing optimization methods for test field operations only provide little structured guidelines for the execution of process improvements. In the production area, on the other hand, there are far-reaching optimization methods. Therefore it is assessed which optimization methods of production are suitable for a transfer to test field operations. The methods Kaizen, Six Sigma and the value stream method are used as the basis for the development of the test field optimization methodology. This enables both a continuous improvement process and the structured execution of improvement projects. The usage of the methodology in test field operations of an automobile manufacturer confirms the performance.

**Keywords:** optimization methodology, test field, test bed, production, process optimization, transferability

MAURICE MISTLER, RENÉ ANDRAE, PETER KÖHLER, JOHANNES WORTBERG, INSTITUT FÜR PRODUKT ENGINEERING, UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN

## **Wissensbasierte Absicherung virtueller Lebensdauerprognosen von Elastomerbauteilen**

**Inhalt:** Der in diesem Beitrag vorgestellte Ansatz stellt eine Methode für die Lebensdauerprognose von dynamisch belasteten Elastomerbauteilen auf der Basis von lokalen Materialbeanspruchungsgrößen vor. Durch die Berechnung der Materialbeanspruchungen mit der Finite Elemente Methode (FEM) ist es nach einer Kalibrierung des nichtlinearen Schadensakkumulationsmodells möglich, Lebensdauern für beliebige Geometrien gleicher Beanspruchungsart zu prognostizieren.

**Stichwörter:** Lebensdauerprognose, Elastomer, Yeoh-Materialmodell, Materialbeanspruchung, zeit- und lastabhängiges Materialverhalten

## **A method for a lifetime prediction of dynamically loaded elastomer components**

**Abstract:** The approach presented in this paper provides a method for a lifetime prediction of dynamically loaded elastomer components based on material stress. Due to the calculation of the material stresses using the finite element analysis (FEA), it is possible to predict the part lifetime after the calibration of the non-linear damage accumulation model for any desired geometry and similar type of material stress.

**Keywords:** Life time prediction, Elastomer, Yeoh-material model, material stress, time and load dependend Material behavior

FELIX SCHUMACHER, TIMO RICHTER, THOMAS VIETOR, BMW AG

## **Ein Rahmenwerk zur Wissensbereitstellung für die Nutzung von Potentialen additiver Fertigung in der Produktentwicklung**

**Inhalt:** Additive Fertigungsverfahren (AM) stellen zunehmend auch eine Alternative für die Herstellung von Produkten in Serienfertigung dar. Zur Umsetzung der vielfältigen Potentiale in der Produktentwicklung mangelt es oft jedoch an notwendigem AM-Wissen für die Integration in etablierte Entwicklungsprozesse. In diesem Beitrag wird ein Rahmenwerk zur Integration von vorhandenen Ansätzen aus dem Design for Additive Manufacturing vorgeschlagen. Dafür werden technische Problemstellungen auf Potentiale für die Anwendung von AM überprüft, um darauf aufbauend Ideen für neue Produktkonzepte mithilfe eines Potentialmodells zur Bereitstellung von AM-Lösungsprinzipien generieren zu können. Abschließend wird die Lösung unter Berücksichtigung von Fertigungsrestriktionen konkretisiert und hinsichtlich der Erfüllung der erwarteten Potentiale bewertet.

**Stichwörter:** Additive Fertigung, DfAM, Konstruktionsmethoden

## **A framework for the provision of knowledge for the exploitation of potentials of additive manufacturing in product design**

**Abstract:** Additive manufacturing (AM) is becoming more and more an alternative for manufacturing products in series production. However, for accessing its potentials during the product development, often vital AM knowledge for the integration into established design processes is missing. In this contribution, a framework integrating existing approaches from Design for Additive Manufacturing is presented. Therefore, technical problems are analysed regarding potentials for using AM. Based on this, new product concepts are generated supported by a potential model providing general solution principles of AM. Finally, the solution is concretised considering manufacturing constraints and evaluated regarding the fulfilment of expected potentials

**Keywords:** Additive manufacturing, DfAM, Design Methods

TOBIAS BLÄßING, ABTEILUNG FAHRZEUGVERIFIKATION RHEINMETALL MAN MILITARY VEHICLES GMBH

## **Sicherheitsgerichtete Produktentwicklung im Sonderfahrzeugbau**

**Inhalt:** Innerhalb der zivilen Produktentwicklung werden seit Jahren Normen und Richtlinien für neue Produkte angewandt und umgesetzt. Die Forderungen des Marktes und damit letztlich der Kunden ist die Entwicklung eines sicheren Produkts. Viele der heutzutage auf den Markt gebrachten Produkte sind aus dem elektrischen, elektronischen oder elektronisch-programmierbaren Bereich. Von diesen Produkten geht in der Regel die größte Unsicherheit aus, wenngleich jedes System in sich eine generelle Gefahr birgt. Aus diesen Gründen sollte schon zum Beginn einer neuen Produktentwicklung an mögliche Risiken und Gefahren, welche von dem Produkt ausgehen können, gedacht werden. Zudem besteht eine Forderung der fortlaufenden und dokumentierten Betrachtung von Risiken und deren Ausschluss / Verminderung über den gesamten Entwicklungsverlauf. Bis vor wenigen Jahren war die Anwendung dieser Normen im militärischen Sonderfahrzeugbau ein Nebenbestandteil der Entwicklung. Durch die Abänderung der Gesetzeslage durch den Bund (BMVG) vom 22.03.2004 wurden die Vorschriften und Normen zur Risikobetrachtung auch in die Entwicklung geschützter Sonderkraftfahrzeuge fest eingeführt und rückten damit sukzessive in den Vordergrund. So finden Normen beispielweise Berücksichtigung bei der Entwicklung von Sicherheitseinrichtungen und technischen Zusatzfunktionen unserer Fahrzeuge. Die Kombination von Altsystemen mit neuen Anteilen und Funktionen und deren Passung mit den neuen Richtlinien stellen eine weitere neue Herausforderung dar.

**Stichwörter:** Sicherheitsgerichtete Produktentwicklung, FMEA, Nachweisführung, Simulation/Berechnung, militärischer Sonderfahrzeugbau, Risikobetrachtung, Rheinmetall

## **Safety-related product development in special vehicle construction**

**Abstract:** Standards and guidelines for new products have been applied and implemented in the civil product development for a long time. The demand of the market and the customer is the development of a safe product. Every system has a general risk, although the electrical, electronic or electronically programmable devices have the highest risk. For these reasons, the potential risks and dangers that may arise from the product should be considered at the beginning of a new product development. In addition, there is a requirement for an ongoing and documented assessment of risks and their exclusion / reduction over the entire development process. Up to a few years ago, the application of these standards in military special-purpose vehicles was just a small part of many in development. As a result of the amendments made by the federal government (BMVG) on March 22, 2004, the regulations and standards for risk assessment were also firmly introduced into the development of protected special-purpose vehicles and thus gradually became the focus of attention. For example, standards are taken into account in the development of safety devices. The combination of legacy systems with new shares and functions and their fit with the new guidelines represent another new challenge.

**Keywords:** Safety-oriented product development, FMEA, verification, simulation, special military vehicle construction, risk assessment, Rheinmetall

SABRINA HERBST, FRANK ENGELMANN, KARL-HEINRICH GROTE, ERNST-ABBE-HOCHSCHULE, JENA, OTTO-VON-GUERICKE UNIVERSITÄT MAGDEBURG, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION

## **Der Einsatz von Druckentlastung im Explosionsschutz – eine innovative Basis für den Leichtbau**

**Inhalt:** Durch eine Explosion steigen Temperatur und Druck schlagartig an. Die Auswirkungen solch einer chemischen Reaktion gefährden Mensch und Umwelt. Infolgedessen haben sich unterschiedliche Schutzkonzepte zur Minimierung des Risikos etabliert. Eine Variante stellt dabei die Einhausung der potentiellen Zündquelle dar. Diese als druckfeste Kapselung bezeichneten Gehäuse charakterisieren sich durch Konstruktionen mit hohem Materialeinsatz, um die durch die Explosion entstehenden Kräfte aufnehmen zu können. Die Integration einer Funktion zur Druckentlastung kann die auftretenden Kräfte reduzieren. Somit ist eine Auslegung auf Basis des Leichtbaues möglich, jedoch muss ein geeignetes Wirkprinzip zur Gestaltung der Druckentlastungsfunktion generiert werden.

**Stichwörter:** Produktentwicklung, Explosionsschutz, Konstruktionsmethodik, Druckfeste Kapselung

## **The application of pressure-relief in explosion protection - an innovative basis for lightweight design**

**Abstract:** An explosion causes an abruptly increase in temperature and pressure. The effects of such chemical reaction endanger humans and environment. As a result, protection concepts have established to minimize the risk. A version is the enclosure of the potential ignition source. This solution is known as flameproof enclosure. This enclosure is characterized by constructions with high use of material, to absorb the forces caused by the explosion. The integration of a function to release pressure can reduce these resulting forces. Thus the dimensioning on the basis of lightweight design is possible, but it must generate a suitable operating principle for the design of the pressure relief function.

**Keywords:** product development, explosion protection, design methodology, flameproof enclosures



ALBERT ALBERS, GEORG MOESER, MESUT SALIHOGLU, IPEK – INSTITUT FÜR  
PRODUKTENTWICKLUNG, KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

## **Vernetzen von freien Skizzen in SysML Systemmodellen zur Unterstützung der Konstrukteurstätigkeit**

**Inhalt:** Dieser Beitrag zeigt eine Softwareerweiterung (Plugin) für das Systems Modeling Language (SysML)-Modellierungstool Cameo Systems Modeler (CSM) der Firma NoMagic, mit der es möglich ist Skizzenbereiche von freien Skizzen zu SysML-Modellelementen zu verknüpfen. Der Bedarf hierfür und der Ansatz wurden bereits in vorigen Arbeiten gezeigt. Das Plugin ermöglicht durch die Verwendung von Skizzenbereichen eine präzise Modellierung und eindeutige Verknüpfung von Informationen in freien Skizzen zu SysML Inhalten. Es wird gezeigt wie freie Skizzen und deren Inhalte mit dem Plugin zu SysML-Modellelementen verknüpft werden und damit für Entwickler leicht zugänglich werden.

**Stichwörter:** MBSE, SysML, Skizzen, Konstruktion; Systemmodell

## **Linking free sketches in SysML system models to support (mechanical) engineering tasks**

**Abstract:** This article shows a software plugin for the Systems Modeling Language (SysML)-modeling tool Cameo Systems Modeler (CSM) by NoMagic. It makes it possible to link sketch snippets of free sketches to SysML-model elements. The need to do so in product engineering and an applicable approach have been shown in prior work. The plugin enables the engineer to model precise with unambiguous linkage of information from free sketches to SysML-model elements by using sketch snippets. It is shown how free sketches and their contents are linked with the plugin to SysML-model elements and thus are easily accessible by the user.

**Keywords:** MBSE, SysML, Sketches, Design, System Model

TIM KATZWINKEL, GEORG JACOBS, MANUEL LÖWER, CHRISTIAN KONRAD, DANIEL  
MOSELEWSKI, FATMIR SULEJMANI, IPEK – INSTITUT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG, KARLSRUHER  
INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

## **Beiträge und Herausforderungen modellbasierter Systementwicklung in frühen Phasen des PEP aus Sicht der Forschung**

**Inhalt:** Der vorliegende Beitrag zeigt eine Momentaufnahme der aktuellen Forschungsentwicklung im Bereich des Model Based Systems Engineering (MBSE) aus Sicht der Produktentwicklungs- und Konstruktionsmethodikforschung auf. Dabei werden in einem Querschnittsvergleich konkrete Lösungsansätze aber auch bestehende offene Fragestellungen gegenübergestellt. Abschließend wird aus den Rechercheergebnissen ein Handlungsbedarf für die Weiterentwicklung des MBSE-Ansatzes in der Produktentwicklung in Form einzelner Schwerpunktsthemen abgeleitet.

**Stichwörter:** MBSE, Produktentwicklung, Systementwicklung, Produktmodellierung,  
Konstruktionsmethodik

## **Research contributions and challenges of MBSE in the early stages of product development**

**Abstract:** This article presents a snapshot of current research topics in the field of Model Based Systems Engineering (MBSE) with focus on product development. In a cross-section comparison, approaches towards product development methodologies and toolchains as well as unanswered research questions are presented. Finally, potential future research topics in the field of MBSE are derived.

**Keywords:** MBSE, product development, System Engineering, product modeling, design methodology

WEI MIN WANG, PASCAL LÜNNEMANN, MAURICE PREIDEL, RAINER STARK, FACHGEBIET  
INDUSTRIELLE INFORMATIONSTECHNIK, TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN

## **Wissen in Produktentwicklungsprozessen – ein Aktivitäten-basierter Analyseansatz**

**Inhalt:** Durch die Anreicherung der klassischen, rein physischen Produkte um digitale Anteile und Services, verteilt sich die Produktentwicklung auf unterschiedliche Unternehmen und Branchen. Dadurch gewinnt neben der Vernetzung von Daten und Informationen insbesondere auch die Vernetzung des Wissens zunehmend an Bedeutung. In der industriellen Praxis beschränkt sich der Fokus häufig auf Prozesse, Daten und Informationen, während das Wissen, welches im Laufe eines Produktentwicklungsprozesses (PEP) entsteht, zirkuliert und reift nicht explizit betrachtet wird. In diesem Artikel wird ein Ansatz vorgestellt, bei dem der PEP anhand der darin beteiligten Akteure, der von diesen ausgeführten Aktivitäten und den damit in Verbindung stehenden Artefakte analysiert wird. Aus den Ergebnissen des Experiments wird ein erstes „Funktionsmodell“ der Wissensdynamik im meilensteingetriebenen PEP abgeleitet, welches die Zusammenhänge zwischen den Akteuren, ihren Aufgabenstellungen, ihren Aktivitäten und den dabei involvierten Artefakten darstellt.

**Stichwörter:** Wissen in Produktentstehungsprozessen, Entwicklungsaktivitäten, Wissensanalyse

## **Knowledge in product development processes - an activity-based analytical approach**

**Abstract:** Due to the increasing integration of digital components and services with classic, purely physical products oriented components, product development becomes commonly spread over different companies and industries. Hence, not only the cross-linking of data and information but also the networking of knowledge is gaining in importance. In industrial practice, the focus is often on processes, data and information, while the knowledge is generated implicitly during the product development process (PDP), hence its circulation and maturing is not explicitly considered. This paper presents an approach in which the PDP is analyzed by the actors involved, the activities carried out by those, and the related artifacts. From the results of the experiment a first "function model" of the milestone-driven PDP is derived, which depicts the connections between the actors, their tasks, their activities and the artifacts involved.

**Keywords:** Knowledge in Product Development Processes, Engineering Activities, Knowledge Analysis

CARSTEN HAUGWITZ, OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG - FAKULTÄT FÜR  
MASCHINENBAU

## **Optimierung generativer Fertigungsverfahren durch konstruktives Teilen und Fügen von Bauteilen**

**Inhalt:** Durch die immer mehr in den Focus der Ingenieure rückenden modernen generativen Fertigungsverfahren, sind Möglichkeiten geboten, die auch neue Herangehensweisen in der Produktentwicklung erfordern. Zwar gibt es durch die werkzeuglose Fertigung eine schnelle und individualisierte Produktentwicklung, aber die Wirtschaftlichkeit ist oft noch verbesserungswürdig. Deshalb müssen die Potentiale der generativen Fertigung besser ausgenutzt werden. So ist es nicht zielführend bestehende Bauteile einfach nachzubauen. Die Bauteile müssen schon in der frühen Phase der Produktentwicklung auf die speziellen Stärken und die auch vorhandenen Schwächen einer generativen Fertigung angepasst werden. Deshalb ist es besonders bei kunststoffverarbeitenden Verfahren nötig, den Schichtverlauf der Belastung anzupassen, Stützen zu vermeiden und die Bearbeitungszeit zu minimieren. Als Lösung wird eine Methode vorgestellt, bei der durch geschicktes Teilen von Bauteilen die Stärken generativer Fertigungsverfahren besonders hervor treten. Das anschließende Fügen der Substrukturen und die konstruktive Sicherung der Position zueinander soll im Folgenden auch beleuchtet werden.

**Stichwörter:** generative Fertigung, Rapid Prototyping

## **Optimization of generative manufacturing processes by constructive splitting and joining of components**

**Abstract:** The modern generative manufacturing methods, which are in the focus of the engineers, offer opportunities and require new approaches in product development. It is true that the tool-free production offers a fast and individualized product development, but the effectiveness is often still to be improved. Therefore, the potentials of generative production have to be exploited better. It is not easy to build existing components easily. The components must be adapted to the special strengths and the existing weaknesses of a generative production already in the early phase of the product development. Therefore, it is necessary to adjust the layering of the load, to avoid supports and to minimize the machining time, especially in the case of plastic processing methods. A method is presented as a solution in which the strengths of generative production processes are particularly pronounced by cleverly dividing components. The subsequent joining of the substructures and the structural securing of the position to one another is also to be illuminated in the following.

**Keywords:** additive Manufacturing, Rapid Prototyping

RALF HINZELMANN, SERGEY PEREKOPSKIY, ANDREAS ZÖRNIG, ROLAND KASPER, OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG, FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU

## **Konstruktionswerkzeug für die Kostenplanung und normgerechte Gestaltung von drehenden elektrischen Maschinen mit Luftspaltwicklung**

**Inhalt:** Aufbauend auf dem parametrischen Konstruktionswerkzeug welches 2016 in Rostock vorgestellt wurde, wird eine Kostenplanungsebene vorgestellt. Dazu wurde eine umfangreiche Sachnorm- sowie Halbzeugnorm-Datenbank aufgebaut. Die Halbzeugnormen wurden mit aktuellen Preistabellen von verschiedenen Herstellern hinterlegt. Desweiteren wurden Algorithmen in das Werkzeug implementiert, welche beim Auslegungsprozess die Geometrie der einzelnen Elemente auf Umsetzbarkeit durch Normprofile prüfen. So wird dem Anwender die Möglichkeit gegeben, schon frühzeitig im Auslegungsprozess die Kosten für das Endprodukt zu reduzieren, indem passende und günstige Auslegungsvarianten bevorzugt werden können. Es entstehen weniger Kosten bei der Materialbeschaffung und außerdem kann das Zerspanungsvolumen reduziert werden. Beispielhaft wird eine Kostenrechnung für einen Generator (FSP-Generator) vorgestellt, welcher für das „Netzwerk Technologiekompetenz Fluss-Strom“ entwickelt wurde. Dieser Generator soll in einem Staudruckwasserrad der Firma HESSELAND Wasserradmanufaktur zum Einsatz kommen.

**Stichwörter:** Parametrische Konstruktion, Datenbanken, Kostenplanung, Produktentwicklung, elektrische Maschinen, Generator, Luftspaltwicklung

## **A budgeting calculation tool for semi-manufactured products**

**Abstract:** Based on the parametric design tool, which was presented 2016 in Rostock, a budgeting calculation will be shown. For this Purpose, a large standard data base of semi-manufactured products and their dedicated prices and material properties are created. Furthermore, algorithms were implemented which check the use of the semi-manufactured product in the dimensioning process. So, the user has the possibility to reduce the costs by choosing suitable dimensioned variants. As a result, lower costs are generated at procurement of materials and the volume of metal removed by cutting is decreased. Exemplary a cost calculation for an alternator (FSP-Generator) is presented, which was developed for the „Netzwerk Technologiekompetenz Fluss-Strom“. This electric generator will be used in the dynamic pressure water wheel of the „HESSELAND Wasserradmanufaktur“ company.

**Keywords:** parametric design, data bank, budgeting, product design, electrical machines, electric generator, air gap winding

CHRISTIAN KONRAD, MANUEL LÖWER, WALTER SCHMIDT, LEHRSTUHL UND INSTITUT FÜR ALLGEMEINE KONSTRUKTIONSTECHNIK DES MASCHINENBAU, RWTH AACHEN UNIVERSITY

## **Varianzsteuerung integraler Produkte durch den prozessbegleitenden Einsatz von Data-Mining Werkzeugen**

**Inhalt:** Integrale Produktarchitekturen weisen gegenüber modularen Architekturen eine Reihe von Vorteilen auf. Sie begünstigen z.B. eine geringere Anzahl an Komponenten, eine einfachere Montierbarkeit und ein geringeres Gewicht des Produkts. Das heutige Spannungsfeld der Produktentwicklung sowie neue Material- und Fertigungstechnologien, z. B. die Weiterentwicklung von technischen Kunststoffen und die Nutzung von Verfahren der additiven Fertigung, erhöhen die Attraktivität integraler Produkte weiter. Neben ihren Vorteilen haben integrale Produkte aber auch eine Reihe signifikanter Nachteile. Integrale Produktarchitekturen sind stark vernetzte Strukturen, welche ein hohes Maß an Komplexität aufweisen. Die Aufwände für das Management dieser Komplexität und die damit verbundenen Risiken überwiegen bisher häufig die Vorteile von integralen Produktarchitekturen. In diesem Beitrag wird eine Vorgehensweise beschrieben, wie in frühen Phasen der Produktentwicklung eine prozessbegleitende Varianzsteuerung integraler Produkte trotz stark vernetzter Produktarchitekturen erfolgen kann. Zur Erhöhung der funktionalen Unabhängigkeit muss die bisherige Betrachtungstiefe der Produktarchitektur um die Ebene der Produktmerkmale und -ausprägungen erweitert werden. Dadurch ist es möglich, die Komplexität integraler Produktarchitekturen durch den kombinierten Einsatz von etablierten Ansätzen des Variantenmanagements und Methoden des Data Mining beherrschbar zu machen. Dies ermöglicht eine prozessbegleitende Varianzsteuerung in frühen Phasen der Produktentwicklung z. B. durch die Überführung von Kundenanforderungen in Produktmerkmale auf Basis von Bewertungsgrößen sowie implizitem und explizitem Unternehmenswissen.

**Stichwörter:** Konstruktionswissen, Standardisierung, Konfigurationsmanagement, integrale Produkte, Data Mining

## **Variance control of integral products through process-related use of data mining tools**

**Abstract:** Integral product architectures have several advantages over modular architectures. They favor e.g. a lower number of components, a simpler assembly and a lower weight of the product. Today's area of conflict in product development, new materials and manufacturing technologies, such as the development of engineering plastics and the use of additive manufacturing processes, further enhance the attractiveness of integral products. In addition to their advantages, integral products also have a few significant disadvantages. Integral product architectures are highly cross-linked structures that have a

tremendous degree of complexity. The cost of managing this complexity and the risks associated with it have so far often overshadowed the advantages of integral product architectures. In this article, we describe a method for variance control of integral products in the early stages of product development, even though product architectures are strongly cross-linked. To increase the functional independence, the existing viewing depth of the product architecture must be extended by the level of product features and characteristics. This makes the complexity of integral product architectures manageable by the combined use of established approaches regarding variant management and methods of data mining. This allows a process-accompanying variance control in early stages of product development e.g. during the transfer of customer requirements into product features on the basis of evaluated variables and implicit as well as explicit corporate knowledge.

**Keywords:** design knowledge, standardization, configuration management, integral products, data mining

RENÉ ANDRAE, PETER KÖHLER, INSTITUT FÜR PRODUKT ENGINEERING, UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN

## **Modellbasierte KBE-Methodenentwicklung im Bereich der konstruktionsbegleitenden Simulation**

**Inhalt:** In diesem Beitrag wird eine allgemeine Methode zur Erstellung von KBE-Unterstützungssystemen zur wissensbasierten Absicherung konstruktionsbegleitender Simulationen vorgestellt. Anhand ausgewählter Problemstellungen und dem Stand der Technik werden allgemeine Anforderungen ermittelt, welche in die darauffolgende Vorstellung der dreistufigen modellbasierten Methode einfließen. Anschließend wird eine exemplarische Anwendung des Ansatzes auf eine ausgewählte Problemstellung dargestellt.

**Stichwörter:** Wissensbasierte Konstruktion (KBE), Konstruktionsbegleitende Simulation, Modellbasierte Systementwicklung (MBSE)

## **Model-based KBE-method development in the area of simulations during the design process**

**Abstract:** Content of this paper is a general methodology for the developing of KBE-Systems for the knowledge-based safeguarding of simulations during the design process. Based on selected problems and the state of the art, general requirements are determined, which are incorporated into the subsequent concept of the three-stage model-based method. An exemplary application of the approach is then presented in a case study.

**Keywords:** Knowledge-based Engineering (KBE), Simulation during the design process, Modelbased Systems Engineering (MBSE)

PETER KOCH, JONAS LINDEMANN, RICHARD KORDAß, HANNES KORN, CHRISTINE SCHÖNE, RALPH STELZER, INSTITUT FÜR MASCHINENELEMENTE UND MASCHINENKONSTRUKTION, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

## **CAD-integrierte Modellierung von Gitterstrukturen für Additive Fertigung**

**Inhalt:** In diesem Paper wird ein Tool vorgestellt, welches die Erstellung von komplexen Gitterstrukturen für die Additive Fertigung direkt in der CAD-Umgebung ermöglicht. Die Daten werden von der Gittererstellung über die Festigkeitsberechnung bis zur Schichtdatengenerierung in einem eigens entwickelten Framework gespeichert. Zusätzlich wurden an ausgewählten Probekörpern Zugversuche durchgeführt.

**Stichwörter:** Additive Fertigung, Gitterstrukturen, CAD, Zugversuch.

## **CAD-integrated design of lattice structures for additive manufacturing**

**Abstract:** In this paper a tool is presented which enables the user to directly create complex lattice structures for Additive Manufacturing in a CAD-environment. A custom framework is used to store all generated data from lattice creation to stiffness computation to slicing information. Additionally, tensile tests were executed with selected specimens.

**Keywords:** Additive Manufacturing, Lattice Structures, CAD, Tensile Test

ULRICH FELDINGER, THOMAS VIETOR, VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT

## **Augmented-Reality-basierte Anforderungsvisualisierung zur Unterstützung der Formfindung bei der Nutzung physischer Designmodelle**

**Inhalt:** Im Zuge dieses Beitrages soll ein Werkzeug vorgestellt werden, welches auf intuitive Weise technische Anforderungen an das Fahrzeugdesign in physischen Designmodellen für den Designer verfügbar macht. Die Motivation ist die Unterstützung der zielgerichteten Formfindung. Basis dieses Vorgehens ist die Übertragung von in virtuellen Entwicklungsumgebungen vorhandenen Hilfsmitteln in die reale Wirklichkeit. Dies wird mit Hilfe eines Augmented Reality Systems ermöglicht. Zu diesem Zweck wird zunächst der ursprüngliche Ansatz zur oberflächenzentrierten Anforderungsvisualisierung sowie der zugehörige Soll- und Ist-Vergleich mit Designoberflächen erläutert. Auf Basis dessen wird abschließend auf den Ansatz der Visualisierung von virtuellen Oberflächendaten innerhalb der Realität durch ein Augmented Reality (AR)-System eingegangen.

**Stichwörter:** Designprozess, Formgestaltung, Designmodelle, Computer Aided Styling, Augmented Reality

## **Supporting the styling process on the basis of clay models by visualising technical requirements using augmented reality**

**Abstract:** The aim of this contribution is to present a method to intuitively illustrate technical requirements towards the styling of a vehicle. The focus is on physical design models and the support of target driven surface styling. The approach carries over a previously introduced virtual CAD-method into the physical reality. This is done by utilizing an augmented reality approach. In order to do so, the original surface centric knowledge based engineering approach will be briefly discussed. Moreover, the related target-performance comparison regarding styling surfaces will be demonstrated. To conclude, the realisation of the method to visualise virtual surface data inside physical models will be showcased by using an augmented reality system.

**Keywords:** design process, surface design, design models, Computer Aided Styling, Augmented Reality

TOBIAS STEFANIAK, DANIEL MAIWALD, GUNTHER PÜSCHEL, KARL-HEINRICH GROTE, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK, OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG

## **Auslegung von Energiespeichern in Elektrofahrzeugen mittels Digital Mock-Up bei dezentralisierten Antriebssträngen**

**Inhalt:** Die Verwendung elektrischer Antriebsstränge in zukünftigen automobilen Anwendungen führt letztlich durch das systematische Überdenken der Gesamtarchitektur des Automobils zu einer völlig neuen Herangehensweise an die funktionalen Baugruppen. Ferner ergeben sich durch die Implementierung elektrischer Antriebsstränge neue Gestaltungsmöglichkeiten für die Konstruktion der Gesamtarchitektur, aber auch neue Herausforderungen im Produktentstehungsprozess. Innerhalb der Fahrzeuggrobgestaltung zukünftiger elektrifizierter Fahrzeuge müssen sowohl Fahrzeugarchitektur, Energiespeicher als auch Antriebsart frühzeitig Berücksichtigung finden. Das Auftreten unterschiedlicher Bauraumgeometrien für verschiedene Gestaltungskonzepte des Fahrzeuges führt zu einem ständig neu zu konzipierenden Energiespeicher. Der vorliegende Beitrag beschäftigt sich mit der Lösungsfindung des Energiespeichers bezüglich der durchaus komplexen Anordnungssystematik seiner Einzelzellen im Rahmen eines Digital Mock-Up (DMU). Aufbauend auf ein Maßkonzept sollen in kürzester Zeit realnutzbare Batteriebaukäufe identifiziert und auch charakterisiert werden. Mittels des NSGA-II Algorithmus wird die Einzelzelle (Rund oder Prismatisch) zu Zellmodulen verschaltet, welche bestmöglich in den vorhanden Bauraum zu integrieren sind. Für die Durchführung des Optimierungsprozesses wurde ein strukturelles Konzept zur Anordnung der Zellmodule entwickelt, welches auf einzelnen, in ihrer Größe flexiblen Rastern beruht. Das Konzept besitzt hierbei acht miteinander gekoppelte und einen flexiblen Verband bildende Einzelvolumen, in denen sich Raster mit Zellmodulen anordnen und somit der Bauraum effizient ausgenutzt wird.

**Stichwörter:** Elektromobilität, Produktentwicklung, Hochvolt, Traktionsbatterie, Fahrzeuggrobgestaltung, Optimierung.

## **Dimensioning of Energy Storage in BEV's by Digital Mock-Up with decentralized drive train**

**Abstract:** The use of electric drive trains in future automotive applications ultimately leads to the systematic rethinking of the overall architecture of the automobile to a completely new approach to the functional assemblies. Furthermore, the implementation of electric drive trains results in new design possibilities for the construction of the overall architecture, but also new challenges in the product creation process. Within the vehicle design of future electrified vehicles, the vehicle architecture, energy storage and mode of driving must be considered at an early stage. The occurrence of different constructed size for different design concepts of the vehicle leads to a constantly new energy storage. The present paper deals with the

solutions of energy storage with the regard to the complex arrangement of its individual cells within a digital mock-up (DMU). Based on a measurement concept, constructed size that can be used for battery used in real time are to be identified and characterized. Using the NSGA-II algorithm, the individual cell (round or prismatic) is connected to cell modules, which must be optimally integrated into the available constructed size. For the implementation of the optimization process, a structural concept for the arrangement of the cell modules was developed, which is based on individual, variable-size grids. In this case, the concept has eight individual volumes that are coupled and form a flexible dressing, in which grids are arranged with cell modules and thus the space is efficiently utilized.

**Keywords:** electromobility, product development, high voltage, traction battery, vehicle design, optimization.

BENJAMIN WALTER, MONIKA KLIPPERT, MARK KUNZ, ALBERT ALBERS, NICOLAS REIß, IPEK – INSTITUT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG, KARLSRUHER INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT)

## **Kreativitätsmethoden im digitalen Umfeld – Aktive Förderung von Innovationsimpulsen in standortverteilten Entwicklungsteams**

**Inhalt:** Derzeit existieren kaum Ansätze, die die gemeinsame Generierung von Innovationsimpulsen in standortverteilten Entwicklungsteams gezielt unterstützen. Dies führt dazu, dass sie ihr Potential deutlich schlechter oder nur mit deutlich erhöhtem finanziellen Aufwand ausschöpfen können. Der vorliegende Beitrag präsentiert drei Kreativitätsmethoden für standortverteilte Entwicklungsteams. Diese basieren auf bekannten Methoden und deren Prinzipien und transferieren sie mit Hilfe moderner Medien in den virtuellen Raum. Die Methoden werden im Rahmen einer empirischen Live-Lab-Studie sowie in ihrem Einsatz in Entwicklungsprojekten in zwei Unternehmen evaluiert.

**Stichwörter:** Kreativität, Kreativitätsmethoden, Innovationsimpulse, standortverteilte Produktentwicklung, Digitalisierung

## **Approaches for creativity methods for distributed development teams**

**Abstract:** At present, there exist very few approaches, which support the common creation of innovation impulses within distributed product development. This leads to the fact that these teams are able to exploit their potential significantly worse or only with significantly increased financial expenditure. The present paper presents three creativity methods for distributed development teams. These are based on known methods and their principles and transfer them into virtuality using modern media such as an innovation platform. The methods are evaluated in an empirical live-lab study as well as in development projects in two companies.

**Keywords:** Creativity, Creativity methods, innovation impulses, distributed product development, digitalization

STEFAN ZORN, KLAUS BRÖKEL, FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU UND SCHIFFSTECHNIK, LEHRSTUHL KONSTRUKTIONSTECHNIK / CAD, UNIVERSITÄT ROSTOCK

## **Mischreibungsmodell für die Simulation hydrodynamisch wirkender Radialgleitlager unter Einbeziehung statistischer Oberflächeneigenschaften**

**Inhalt:** Mit dem an der Universität Rostock entwickelten Simulationstool SIRIUS können sowohl hydrostatisch als auch hydrodynamisch wirkende Radialgleitlager bei vollständiger Trennung der Gleitflächen berechnet werden. Die Beschreibung der reinen Hydrodynamik erfolgt mit der erweiterten Reynoldsen Differentialgleichung nach Wegmann. SIRIUS konnte mit den bestehenden Funktionalitäten bereits in mehreren Projekten validiert werden. Für die Betriebszustände, bei denen die kritische Spalthöhe unterschritten wird und Mischreibungsgebiete auftreten wird allerdings ein gesondertes Mischreibungsmodell benötigt. Hierfür wird ein, in das System SIRIUS implementierbares Mischreibungsmodell vorgestellt. Es erfolgt sowohl die Erläuterung des dafür gewählten statistischen Ansatzes der Oberflächenbeschreibung als auch ein kurzer Einblick in die Umsetzung des Modelles.

**Stichwörter:** Mischreibung, statistische Oberflächeneigenschaften, Kontaktflächenanteil, Abbott-Kurve

## **Mixed friction model involving statistical surface characteristics for the simulation of hydrodynamic journal bearings**

**Abstract:**

**Keywords:** mixed friction, statistic surface properties, surface contact, Abbott curve

SEBASTIAN LUTZ, ALBERT ALBERS, ROLF HETTEL, MATTHIAS BEHRENDT, KARLSRUHER  
INSTITUT FÜR TECHNOLOGIE (KIT), IPEK – INSTITUT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG KARLSRUHE

## **Effizientere Validierung und Funktionsabsicherung von Fahrerassistenzsystemen auf dem Rollenprüfstand**

**Inhalt:** Vor dem Hintergrund der modernen Fahrzeugentwicklung zeigt dieser Beitrag Ansätze, wie Fahrerassistenzsysteme (FAS) mithilfe einer flexiblen und universellen Validierungsumgebung abseits der Prüfstrecke untersucht werden können. Die hierbei durchgeführten Untersuchungen widmen sich Prüfaufbauten mit möglichst geringem Eingriff in den Versuchsträger auf einem Rollenprüfstand, wobei die Stimulation der im Fahrzeug verbauten Sensoren, durch geeignet Aktoren und Stimulatoren erfolgt. Die dabei gewonnen Erkenntnisse werden im Anschluss beispielhaft anhand zweier Fahrerassistenzsysteme demonstriert, wobei die Vorteile des IPEK X-in-the-Loop Ansatzes gezeigt werden. Auf diesem universellen Weg ist kein direkter Zugriff auf die Fahrzeugelektronik notwendig, sodass flexibel auf unterschiedliche verbaute Lösungen reagiert werden kann. Die so aufgebaute Validierungsumgebung ermöglicht es Assistenzsysteme schnell auf ihre gewünschte Funktion hin zu untersuchen. Der Rollenprüfstand bietet dabei kontrollierte und reproduzierbare Bedingungen für Tests und Studien am Gesamtfahrzeug.

**Stichwörter:** Fahrerassistenzsysteme, Rollenprüfstand, IPEK X-in-the-Loop Ansatz

## **Efficient Validation and function coverage of ADAS on the chassis dynamometer**

**Abstract:** On the background of the modern vehicle development process, this paper demonstrates how ADAS can be tested off the test track using a flexible and universal validation environment. The investigations are aimed to get along with as far as possible interference into the vehicles electric, whereby the sensors installed in the vehicle are stimulated by suitable actuators and stimulators. The results obtained are then demonstrated with two ADAS, which show advantages of the IPEK X-in-the-Loop environment. In this way, no direct access to the vehicle electronics is necessary, so that it is possible to react flexibly to different installed solutions. An environment like this provides a new tool, which enables the developer to quickly test assistance systems for their desired function. For these purposes, the roller test bed provides controlled and reproducible conditions with testing on the entire vehicle.

**Keywords:** Advanced driver assistant systems (ADAS), roller test bed, IPEK X-in-the-Loop Approach

BENJAMIN ILLMER; MICHAEL VIELHABER, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK,  
UNIVERSITÄT DES SAARLANDES, ZEMA – ZENTRUM FÜR MECHATRONIK UND  
AUTOMATISIERUNGSTECHNIK GEMEINNÜTZIGE GMBH

## **Auswirkungen hochvernetzter Systeme auf die Modellarchitektur der virtuellen Inbetriebnahme**

**Inhalt:** Die Herausforderungen produzierender Unternehmen in Form von steigender Produktvarianz, kürzeren Produktlebenszyklen sowie die kontinuierliche Reduzierung der Anlagenentwicklungszeit beschreiben die Notwendigkeit der Intensivierung der produktionstechnischen Einführung von neuen Technologien, die zukünftig in der Lage sind diese teilweise gegensätzlichen Eigenschaften durch erhöhte Flexibilität, Skalierbarkeit und Selbstorganisation zu kompensieren. Aufgrund umfangreicher Umsetzungshemmnisse beim Anwender empfiehlt es sich neue Umsetzungsstrategien mit etablierten Methoden kombiniert anzuwenden, um hochkomplexe neue technische Strukturen sukzessive in das Unternehmen einführen zu können. Diese Veröffentlichung bietet daher einen ersten Ansatz, um technische und methodische Auswirkungen auf etablierte Prozesse zur produktionstechnischen Einführung von hochvernetzten Systemen darzustellen und einen Einblick zu geben wie neue Technologien in Zukunft unter Berücksichtigung der Benutzerakzeptanz effektiv ins Unternehmen eingebunden werden können.

**Stichwörter:** Virtuelle Inbetriebnahme, Cyber-Physische Systeme, digitale Produktionsentwicklung

## **Effects of highly interconnected systems on the model-based architecture of virtual commissioning**

**Abstract:** Increasing product variants, shorter product life cycles and the continuous time reduction of the production planning phase are major challenges of original equipment manufacturers (OEM) and their suppliers that force the implementation of new technologies to provide modern technical abilities, such as a higher flexibility, scalability and self-organization. Due to extensive realization obstacles on user's site, developers are held to design new implementation strategies that can be used along with conventional methods to implement highly complex and interconnected technical structures into the company's workspace, step-by-step. Therefore, this paper discuss the major challenges of the implementation of networked systems and their technological and methodological impacts on conventional processes, followed by an approach that describes an economic integration into the company's work area, such as manufacturing or assembly to ensure a higher level of user acceptance.

**Keywords:** Virtual Commissioning, Cyber-Physical Systems, digital production planning

KEVIN DEESE, MAX GEILEN, FRANK RIEG, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLEHRE UND CAD,  
UNIVERSITÄT BAYREUTH

## Zweischritt-Glättungsalgorithmus als Basis eines vollautomatisierten Produktentwicklungsprozesses

**Inhalt:** In diesem Beitrag wird ein Zweischritt-Glättungsalgorithmus entwickelt, der topologieoptimierte Strukturen unter Beibehaltung fertigungsrelevanter Features glättet und somit eine direkte Fertigung nach der Optimierung ermöglicht. Der Algorithmus nutzt als ersten Schritt das Marching Cubes Algorithmus, um die Dichteverteilung des optimierten Ergebnisses auf die weitere Verarbeitung vorzubereiten. Der zweite Schritt besteht aus dem „implicit fairing“, einem impliziten Verfahren zur Glättung von Oberflächen. Die resultierenden geglätteten Beispielmuster werden mit Glättungsergebnissen einer kommerziellen Lösung verglichen, um eine Aussage über die Güte treffen zu können. Hierbei wird gezeigt, dass der Algorithmus ähnlich gute Werte erreicht und eine direkte Fertigung nach der Optimierung ermöglicht.

**Stichwörter:** Glättung, Strukturoptimierung, Automatisierte Produktentwicklung, Marching Cubes, Implicit Fairing

## Two-step smoothing algorithm as foundation for a fully automatic product development process

**Abstract:** In this paper, we develop a two-step smoothing algorithm, which smoothes topology optimization results while keeping features relevant for production. The algorithm thus allows a direct production after the optimization. As first step, the marching cubes algorithm is used in order to prepare the density distribution resulting from the optimization for the further processing. The second step consists of the “implicit fairing”, an implicit method for smoothing surfaces. We compare the resulting smoothed examples to results of a commercial solution to make a statement about the quality of the results of the algorithm. We show that the algorithm achieves similarly good results and allows a direct production after the optimization.

**Keywords:** Smoothing, Structural optimization, Automated product development, Marching cubes, Implicit fairing

HANS-PETER PRÜFER, RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM, IM RUHESTAND

## Ein alternativer Ansatz zur numerischen Simulation der Genese von Hirnödemen

**Inhalt:** Die Therapieplanung bei schwerem Schädel-Hirn-Trauma kann durch die numerische Simulation der Ödemgenese deutlich unterstützt werden. Dazu ist es erforderlich, geeignete Modelle zu entwickeln und Lösungsalgorithmen zu finden. Ausgehend von der klassischen FEM wird hier als Alternative die MPM vorgeschlagen, die eine vereinheitlichte konsistente Vorgehensweise verspricht. Anhand eines einfachen Beispiels wird die Vergleichbarkeit der Methoden demonstriert

**Stichwörter:** Schädel-Hirn-Trauma, Ödemgenese, Modellbildung, FEM, MPM

## Numerical Simulation of Cerebral Edema: An Alternative Approach

**Abstract:** To cope with severe traumatic brain injuries reliable prognosis is needed. This can be achieved by numerical simulation of brain damage. Geometric and physical modelling is usually done by means of the FEM. In this paper, we propose and evaluate an alternative approach with material point methods, which are better suited for the description of complex material distributions and multiphysical effects.

**Keywords:** traumatic brain injury, damage, brain model, FEM, MPM

ANDREAS ZÖRNIG, RALF HINZELMANN, ROLAND KASPER, INSTITUT FÜR MOBILE SYSTEME,  
LEHRSTUHL MECHATRONIK, OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG,  
ELEKTROMOTOREN UND GERÄTEBAU BARLEBEN GMBH

## Der reibungsarme Radnabenmotor mit Radialrillenkugellagern

**Inhalt:** Im Forschungsschwerpunkt Automotive der OvGU werden Elektroantriebe mit eisenloser Luftspaltwicklung erforscht. Seit 2012 wurden mehrere Varianten von Radnabenmotoren für PKWs entwickelt und getestet. Sie zeichnen sich durch eine zentrale Hauptlagerung mit angestellten Wälzlagern aus, welche die Radlasten aufnimmt. Typische Elektromotoren sind beidseitig gelagert und mit Radialrillenkugellagern ausgestattet. Unter Nutzung dieses Lagerprinzips wird die mechanische Entwicklung von Radnabenmotoren mit den heute zur Verfügung stehenden technischen Möglichkeiten vorgestellt. Dazu werden Konzepte und Entwürfe erläutert. Dabei hat die Wahl der Felgenreometrie und -befestigung einen wesentlichen Einfluss auf das Gewicht sowie den Luftspaltdurchmesser, wovon das erzielbare Drehmoment abhängt. Der Außenläufer ermöglicht vielfältige Bremsenkonzepte. Anhand von



Kriterien wird die Eignung von Radiallagern als Festlager untersucht.

**Stichwörter:** Radnabenmotor, Luftspaltwicklung, Direktantrieb, Radialrillenkugellager, Felge

## **The low friction wheel-hub-motor with radial deep-groove ball bearings**

**Abstract:** In the automotive main research field of the OvGU electric drives with ironless air gap winding are researched. Since 2012, a few variants of wheel hub motors for cars were developed and tested. They are characterised by a central main bearing with prestressed rolling bearings, which carry the wheel load. Typical electrical motors have bearings on each side and are equipped with deep groove ball bearings. Using this bearing type, the mechanical development of wheel hub motors by use of technical capabilities from nowadays is presented. Technical concepts and designs are explained. Thereby the choice of geometry of the rim and the mounting has an effectual influence to the weight as well as to the diameter of the air gap. The achievable torque depends on this. The outer rotor enables various concepts of brakes. By means of criterions the usability of radial bearings as a locating bearing is analysed.

**Keywords:** wheel hub motor, air gap winding, direct drive, deep groove ball bearing, rim

ARMIN LOHRENGEL, VIKTOR MARTINEWSKI, ADRIAN RIENÄCKER, GERALD OCHSE, B. QIAN,  
FRITZ-SÜCHTING-INSTITUT FÜR MASCHINENWESEN, TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL,  
UNIVERSITÄT KASSEL

## **Simulationsfreie Auslegung von Freiläufen**

**Inhalt:** Als richtungsbetätigte Kupplungen werden Freiläufe bereits seit vielen Jahren im industriellen Umfeld als Schaltfreiläufe, Rücklaufsperrern oder Überholkupplungen eingesetzt. Trotz des jahrelangen Einsatzes gibt es durch immer neue Einsatzgebiete Randbedingungen, die in der Auslegung von Freiläufen derzeit nicht berücksichtigt werden. Eine dieser Randbedingungen ist eine funktionsbedingt auftretende radiale Zusatzlast, welche gemeinsam mit dem zu übertragenen Drehmoment eine kombinierte Belastung des Freilaufs darstellt. Im Rahmen des IGF-geförderten und von der Forschungsvereinigung Antriebstechnik begleiteten Projektes FVA 694 (Freilauf – kombinierte Lasten) wurden radiale Zusatzlasten erstmals in Bezug auf die erreichbaren Lebensdauern untersucht. Eine radiale Zusatzbelastung führt im Freilauf zu einer Ungleichverteilung der Belastung der Klemmkontakte. Für die korrekte Bestimmung der Lebensdauer ist daher die Bestimmung des Traganteils jedes Einzelkontaktes relevant. Im Rahmen der Untersuchungen hat sich gezeigt, dass ein rein formeller Weg in Bezug auf die umfangreichen Simulationen zu einer sehr guten Übereinstimmung führt und damit zur Lastverteilungsbestimmung verwendet werden kann. Auf Basis dieser Erkenntnis wurde das bestehende Berechnungsverfahren erweitert.

**Stichwörter:** Freilauf, Radiallastverteilung, Lebensdauerberechnung, Klemmrollenfreilauf

## **Calculation of freewheel clutches without simulation**

**Abstract:** A machine element, which enables a directional torque transmission, is called a freewheel. Currently, in terms of stress and lifetime, freewheels are designed using the FVA-calculation programs LD and JFRED. These programs only consider the mostly aimed condition of a pure torque load. In practical applications, structurally unavoidable additional loads such as radial forces are disregarded. As part of this research project, the aim was to close this knowledge gap and make the calculation of freewheels regarding additional loads possible. An additional radial load leads to an overcharging of loading on the one side while the opposite side is relieved. The damage to the higher loaded body causes a greater impact on the service life than the relief on the opposite side causes an increase in service life. With the help of simulation and experiments, insights regarding the mechanisms of action and the load distribution of combined load freewheels were determined. Based on the experimental and simulation results, the existing calculation model has been adjusted so that the influence of supplementary radial loads can be considered. The adjusted model can now be implemented by the users in the usual calculation programs.

**Keywords:** freewheel, load distribution, radial load

THOMAS GUTHMANN, FRANK ENGELMANN, KARL-HEINRICH GROTE, ERNST-ABBE-HOCHSCHULE JENA FACHBEREICH WIRTSCHAFTSINGENIEURWESEN

## **Analyse von Zielkonflikten bei der Optimierung von Produkten und Möglichkeiten zu deren Lösung**

**Inhalt:** Der Aufwand zur Optimierung eines Produktes steigt mit der Komplexität des Systems, der Anzahl der variablen Parameter und der Anzahl der zu optimierenden Eigenschaften. Wirken auf die zu optimierenden Produkteigenschaften mehrere Stellgrößen oder sind mehrere Eigenschaften gleichzeitig zu verbessern, ist eine manuelle Optimierung nach dem Trail-Error-Verfahren sehr aufwendig und führt nicht immer zu dem gewünschten Ergebnis. Im vorliegenden Beitrag werden Verfahren zur effizienten Optimierung von Produkten auf Basis von approximierten Systemverhalten vorgestellt. Für sich widersprechende Zielgrößen wird ein mehrstufiger Optimierungsprozess vorgestellt und anhand eines druckbelasteten Gehäuses exemplarisch durchlaufen

**Stichwörter:** Optimierung, Metamodell, Mehrzieloptimierung

## **Analysis of target conflicts during the optimization of products and options to solve them**

**Abstract:** The effort to optimize a product increases with the complexity of the system, the number of variable parameters and the number of properties to be optimized. If several control variables are to be optimized for the product properties or if several properties are to be improved at the same time, a manual optimization using the trial error method is very complex and does not always lead to the desired result. The present paper demonstrates methods for the efficient optimization of products on the basis of approximated system behavior. A multi-stage optimization process is presented for self-contradictory target variables and can be exemplified by means of a pressure-loaded housing.

**Keywords:** Optimization, Metamodell, Multi-objective optimization

DMYTRO ADAMENKO, YOUSEF HOOSHMAND, STEFFEN KUNNEN, PETER KÖHLER, INSTITUT FÜR PRODUKT ENGINEERING, UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN

## **Wissensbasierter Ansatz zur Klassifizierung im Anlagenbau**

**Inhalt:** Durch die stetige Weiterentwicklung der Anforderungen an Bauteile und Komponenten steigt deren Komplexitätsgrad immer weiter an. Im Großanlagenbau, in dem der größte Umsatzanteil nicht in der Projekt-, sondern in der Servicephase erzielt wird, bedeutet dies höhere Risiken und ggf. eine geringere Gewinnspanne. Für eine langfristig positive Umsatzentwicklung eines Unternehmens ist dies durch strukturierte und zielgerichtete Engineering- und Planungsprozesse abzusichern. Durch die Vielzahl von Komponenten ist eine eindeutige Definition aller Einzelteile und Baugruppen erforderlich. Dafür müssen diese vom Planer oder Unternehmen nach ausgewählten Merkmalen klassifiziert werden. Diese Merkmale müssen alle möglichen Sichten innerhalb eines Unternehmens, z.B. von der Konstruktion, Einkauf und Dokumentation, auf das Modell abbilden. Im folgenden Beitrag werden einige Klassifizierungsansätze und -Vorgehensweisen analysiert, miteinander verglichen und ein neuer Klassifizierungsansatz vorgestellt.

**Stichwörter:** objektorientierte Klassifizierung, Anlagenplanung, eCI@ss

## **A new approach for classification methods for plant construction**

**Abstract:** Due to continuous development of the requirements to the parts and components, their complexity grade rises respectively. In the plant construction the big share of revenue is normally achieved not during the project-phase, but during the service of the plant, which leads to higher risks and possibly lower margin. A positive long-term revenue development must be secured by means of structured and target-oriented engineering and planning processes. Due to the large amount of components is the distinct identification essential, so they must be classified after the certain attributes. These attributes must represent all the possible views, such as design, purchasing, documentation etc. in the organization on the component. In this approach, some of the classification methods will be analysed and compared and a new approach will be presented.

**Keywords:** object-oriented classification, plant construction, eCI@ss

JEROME KASPAR, ROBIN KAISER, MICHAEL VIELHABER, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK, UNIVERSITÄT DES SAARLANDES, DAIMLER AG

## **Bauteilübergreifende systematische Werkstoffauswahl leichtbaugetriebener Fahrzeugstrukturen – Ein ganzheitlicher Ansatz**

**Inhalt:** Leistungsfähigkeit aber auch Ressourceneffizienz spielen bei der Entwicklung moderner Leichtbausysteme insbesondere im Automobilbau eine immer größere Rolle. Im Rahmen der systematischen Werkstoffauswahl richtete sich das Hauptaugenmerk in der Vergangenheit (Ashby, Farag, Wanner, etc.) allerdings stets auf die Selektion einzelner Komponenten unter zugehöriger Auslegung. Notwendige Verfahrenstechnologien, konstruktive Rahmenbedingungen sowie die Einbindung der vorliegenden Bauraumsituation (Design und Package) fanden bislang lediglich eine unzureichende Betrachtung im Entscheidungsprozess. Auf Grundlage dessen – einer Einbeziehung konstruktiver wie technologischer Aspekte – widmet sich der folgende Beitrag der bauteilübergreifenden, d.h. ganzheitlich systematischen Auswahl von direkt benachbarten bzw. angrenzenden Komponenten (Fügepartnern), auch unter dem Aspekt eines notwendigen Verbindungsstellen-Designs und bietet so letztlich eine Vorgehensweise, welche über eine strikt singuläre Bauteilbetrachtung hinausgeht.

**Stichwörter:** Werkstoffauswahl, Leichtbau, Fahrzeugstrukturbauteile, bauteilübergreifender Ansatz

## **Cross-Component Systematic Material Selection of Lightweight Structures in Automotive Industry – A Holistic Approach**

**Abstract:** A technical or rather functional performance as well as resource efficiency play an ever-increasing role in the development of modern lightweight systems, especially in automotive engineering. Thus, with respect to the framework of the systematic selection of materials, however, the main focus in the past (e.g. Ashby, Farag, Wanner) always focused on the selection of individual single components using an appropriate structural design. Necessary process technologies, constructive framework conditions as well as the integration of the present assembly space (design and package) have so far only been an insufficient consideration inside the actual decision-making process. On this basis, i.e. taking into account both constructive and technological aspects, the following contribution pursues a holistically integrated and cross-component selection of directly adjacent or adjoining components, also from the aspect of a necessary joint section design, and thus ultimately offers an approach that goes beyond a strictly singular component design.

**Keywords:** material selection, lightweight design, automotive structural components, cross-component

THIVAKAR MANOHARAN, ANDRÉ LOIBL, PETER KÖHLER, INSTITUT FÜR PRODUKT ENGINEERING, UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN

## **Wissensbasierte Daten- und Informationsbereitstellung für den Produktentwicklungsprozess am Beispiel von Schweißkonstruktionen**

**Inhalt:** Im Rahmen eines Forschungsprojektes werden Möglichkeiten vorgestellt, dem Konstrukteur und auch anderen in der Prozesskette Daten und Informationen für die Konstruktion von Schweißbaugruppen bereitzustellen. Es wird das Konzept mit einem RESTful Service als zentrale Wissensbasis und die dahinterliegenden Microservices vorgestellt. Anschließend wird an einigen Schweißbaugruppen die Umsetzung der Wissensintegration als Beispiel aufgeführt.

**Stichwörter:** Wissensintegration, KBE, Schweißkonstruktionen, Microservices, Verknüpfung von Gestaltung und Berechnung

## **Knowledge based data support for welding assemblies**

**Abstract:** Within a research project, opportunities are proposed to provide data and information of designing welding assemblies to designers and others in the process chain. A concept with a RESTful service as the central knowledge base, based on Microservices, is presented. Subsequently the knowledge integration is carried out in the context of a welding assembly example.

**Keywords:** Knowledge Integration, KBE, Welded Construction, Microservices, Linkage of design and calculation