

JOHANNES VAN DER BEEK, KEVIN SCHMITZ, WALTER SCHMIDT, JÖRG FELDHUSEN,  
LEHRSTUHL UND INSTITUT FÜR ALLGEMEINE KONSTRUKTIONSTECHNIK DES MASCHINENBAUS,  
RWTH AACHEN UNIVERSITY

## **Konfigurationsgestützte Modularisierung variantenreicher Produkte mittels Clusteranalyse**

**Inhalt:** Die Prozesse im Lebenszyklus variantenreicher Produkte werden durch ihre Produktstruktur gesteuert. Die Auslegung folgt vielfältigsten Anforderungen aus in- und externen Unternehmensbereichen und macht eine ganzheitliche Produktplanung erforderlich. Eine Planung dieser Produktstruktur nach idealen Modulmängeln und -ausprägungen ist schwierig, da die notwendigen Produktausprägungen und deren Priorität häufig nicht eindeutig beschrieben sind. Die richtige Wahl der Module, deren Anzahl und individuelle Funktionsumfänge hat dabei erhebliche Auswirkungen auf das spätere Produktleben. Die Prozesse vor der Nutzungsphase werden von diesen Entscheidungen stark beeinflusst, eine optimale Modulstruktur mit eindeutiger Zuweisung von Standards und deren zu erwartender Stückzahl kann den Entscheidungsprozess stark unterstützen. Die Methode der rechnergestützten Konfigurationsplanung ist in der Lage, entwickelte Modulstrukturen hinsichtlich deren Eignung für einen individuellen Markt zu verifizieren. Hierbei werden die Auftragsstücklisten der Vergangenheit genutzt, um die Eignung der zukünftigen Plattform durch vorangegangene Kundenaufträge zu bestätigen. Ergebnis der Analyse ist eine detaillierte Aussage über die Modulkonfigurationen, deren zu erwartende Häufigkeiten sowie eine valide Basis zur Variantenreduktion durch Beschränkung auf die wirtschaftlichsten Ausprägungen. Die Methode liefert somit einen Beitrag zur kontextsensitiven, entwicklungsgetriebenen Produktdefinition.

**Stichwörter:** Modularisierung, Standardisierung, Konfigurationsmanagement, Clusteranalyse, kontext-sensitive Produktentwicklung

## **Design to cost from the product portfolio perspective**

**Abstract:** The processes in lifecycles of variant products are controlled by their product structure. Design of such product structures follows various requirements out of intern and extern business areas wherefore a general product planning is necessary. Planning of products structures for ideal module contents and module peculiarities is difficult as the necessary product variants and there priority are often not clear described. The right chose of modules, there quantity and individual functional range has a big impact on the later lifecycle. Especially the processes before the using phase are highly affected by these decisions, an optimal module structure with precise named standards and there expected quantity can help to optimize the decision processes. The method of computer-based product configuration planning is in position to verify developed module structures on their applicability for use in individual markets. Therefore the bills of material of past orders are used to verify the future product platform. The result of method use is a detailed statement about the module configuration, their predicted quantity and valid basic for reduction of variants by focusing on the most important product variants. The methode contributes thereby the context-sensitive and construction-driven product definition.

**Keywords:** modular systems, standardization, configuration management, cluster analysis, context-sensitive product development

PROF. DR.-ING. ARMIN LOHRENGEL, DIPL.-ING. KONRAD STAHR\*, MARTIN SCHULZE M.Sc.,  
TECHNISCHE UNIVERSITÄT CLAUSTHAL, FRITZ-SÜCHTING-INSTITUT FÜR MASCHINENWESEN

## **Auswirkungen von Faserseilen auf die Bewicklung der Seiltrommel**

**Inhalt:** In der jüngsten Vergangenheit kommen hochfeste Faserseile verstärkt in der Praxis zum Einsatz. Dies liegt in den Vorteilen der hochfesten Fasergeflechte, z.B. reduziertes Längengewicht, Korrosionsbeständigkeit, Umweltschonung, Ergonomie und Personenschutz gegenüber Drahtseilderivaten begründet. Dem gegenüber steht der Nachteil, dass es keine adäquaten Einsatzrichtlinien und Dimensionierungsgrundlagen für Seiltriebe gibt, in denen hochfeste Faserseile zum Einsatz kommen. Dies ist insbesondere deswegen problematisch, da die aus hochfesten Polymerfasern hergestellten Seile nurbedingt vergleichbare Eigenschaften wie Drahtseile aufweisen. Daraus folgen neue Anforderungen an die Dimensionierung von Seiltrieben und somit auch für mehrlagig bewickelte Seiltrommeln. Im Text

wird der Workflow der Auslegung für mehrlagig mit Faserseilen bewickelte Trommeln vorgestellt. Dabei steht im Fokus, welche andersartigen Eigenschaften die Fasereile aufweisen. Die Kenntnis der Eigenschaften ist für den Konstruktionsprozess von grundlegender Bedeutung, um eine sichere Berechnung durchführen zu können und eine für die Funktion notwendige Oberflächengeometrie zu berücksichtigen

**Stichwörter:** Faserseil, Mehrlagenwicklung, Querelastizitätsmodul, Reibwert, Ovalisierung

### **Effects of fibre ropes on the winding of the rope drum**

**Abstract:** Lately, high-strength fibre ropes have been increasingly used in practice. That is reasoned by the advantages of high-strength fibre braids, e.g. reduced length mass, resistance to corrosion, environmental compatibility, ergonomics and personal security towards wire cable derivatives. Opposite to that, there is a disadvantage because there are not any adequate application directives and dimensioning basics for rope drives available, in which high-strength fibre ropes are used. Therefore, this is especially difficult because ropes made of high-strength polymer fibres only show characteristics like wire cables to some extent. The consequences of that are new requirements to the dimensioning of rope drives and thus even to multilayer winded hoisting drums. The workflow of the dimensioning for winded drums multi-layered with fibre ropes is presented. Thereby, different characteristics of fibre ropes are dealt with. For the construction process, the knowledge of these characteristics is of fundamental importance. Thus, a safe calculation can be conducted and a surface geometry, which is necessary for the function, can be considered.

**Keywords:** fibre rope, multi-layer drum, lateral stiffness, coefficient of friction, ovalization

VOLKER WESLING, ANTONIA SCHRAM, KAI TREUTLER, INSTITUT FÜR SCHWEIßTECHNIK UND TRENNENDE FERTIGUNGSVERFAHREN, TU CLAUSTHAL, MATTHIAS REUTER, INSTITUT FÜR INFORMATIK, TU CLAUSTHAL

### **Nutzung von Qualitätssicherungssystemen im Stahl- und Maschinenbau zur Verbesserung von Konstruktion und Fertigung**

**Inhalt:** Die Kenntnis des Werkstoffzustandes nach der Verarbeitung und die Veränderung der Werkstoffeigenschaften über den Lebenszyklus sind für die Auslegung von Bauteilen unter Nutzung des vollen Werkstoffpotentials von entscheidender Bedeutung. Zur Validierung der Eigenschaften ist eine zweckgemäße Strategie zur Qualitätssicherung unabdingbar. Aus diesen Qualitätssicherungsmaßnahmen können dann Rückschlüsse zur Verbesserung von Fertigungsprozessen und zur Anpassung von Konstruktionen abgeleitet werden. Zunächst wird die Nutzung von zerstörungsfreier Prüftechnik auf Basis magnetischer Kenngrößen zur Rissdetektion für Stahlkonstruktionen unter dem Einsatz neuronaler Netze vorgestellt. Als zweites wird die Umsetzung der zerstörungsfreien Prüftechnik zur Bestimmung des Energieeintrags beim thermischen Fügen von Stählen im Bereich von forst- und agrarwirtschaftlichen Maschinen aufgezeigt. Zum Schluss wird auf die von der Konstruktion vorzusehende Prüfraumgestaltung für die magnetische Anregung und Sensorik eingegangen.

**Stichwörter:** Neuronale Netze, Qualitätssicherung, mikromagnetische Messverfahren,

## Use of quality assurance systems in steel and mechanical engineering to improve design and production

**Abstract:** Knowledge of the material condition after processing and the change in the material properties over the life cycle is crucial for using the full material potential in the structure design. To validate the properties a modern strategy for quality assurance is essential. Furthermore, conclusions to improve the manufacturing processes can be derived from quality assurance. First, the use of non-destructive quality control based on magnetic response for crack detection for steel structures using neural networks is presented followed by the implementation of non-destructive quality assurance for determining the energy input during the thermal joining of steel in the field of forestry and agricultural machines. Finally, remedies for the design phase f. e. including spaces for magnetic stimulation and sensing, are given.

**Keywords:** neural nets, quality assurance, micromagnetic measurement

DIRK HOFMANN, CHRISTINE SCHÖNE, RALPH STELZER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

## Anwendung optischer und volumetomographischer Aufnahmeverfahren zur Analyse und Auswertung generative gefertigter Bauteile am Beispiel metallpulverbasierter Verfahren

**Inhalt:** Im folgenden Beitrag wird am Beispiel von zwei metallpulverbasierten generativen Fertigungsverfahren die Anwendung von 3D-Erfassungs- und Auswerteverfahren unter Beachtung aktueller Messstrategien und Prüfvorgaben untersucht.

**Stichwörter:** Generative Fertigungsverfahren, Computertomographie (CT), Optische Aufnahmeverfahren, 3D-Messtechnik

## Application of optical and volume-tomographic imaging methods for the analysis and evaluation of generative manufactured components using the example of metal powder-based methods

**Abstract:** In this article the use of 3D measurement and evaluation methods in regard to current measuring strategies and test specifications is investigated in additive manufacturing processes.

**Keywords:** Additive manufacturing, computer tomograph (CT), optical registration, 3D-Measuring

FABIAN KLINK, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION, OVGU MAGDEBURG, THOMAS HOFFMANN, INSTITUT FÜR NEURORADIOLOGIE, OVGU MAGDEBURG, AXEL BOESE, INSTITUT FÜR MEDIZINTECHNIK, OVGU MAGDEBURG

## Herstellung von hohlen Bifurkationsmodellen aus transparentem Silikon für strömungstechnische Untersuchungen

**Inhalt:** Für die Erforschung des Blutflussverhaltens werden häufig künstliche Modelle (Phantome) verwendet. Von speziellem Interesse sind Gefäßverzweigungen, sogenannte Bifurkationen, da hier mit Veränderungen des Fließverhaltens zu rechnen ist. Bifurkationsmodelle werden z.B. bei der Erforschung und Validierung neuer medizinischer Werkzeuge, Implantate und Arzneimittel eingesetzt. In strömungstechnischen Untersuchungen mit Kunstblut können hier die anatomischen und physiologischen Prozesse im Modell nachgebildet und gemessen werden. Dabei wird u.a. Kontrastmittel in die Modelle eingebracht und das Durchströmverhalten mit Hilfe von Laserscannern (Laser-induced fluorescence, LIF) oder Partikelströmungen (Particle-imaging-velocimetry, PIV) untersucht. Für optimale Messergebnisse und den Vergleich mit Simulationsresultaten, müssen die Silikonmodelle transparent und geometrisch korrekt sein. Ein Sprung im Brechungsindex zwischen Silikon und Flüssigkeit muss vermieden werden. In diesem Beitrag werden die verschiedenen Herstellungsschritte vorgestellt, die für

die Fertigung von definierten künstlichen Bifurkationsmodellen erforderlich sind. Neben Rapid-Prototyping-Technologien und Vakuumguss finden auch 3D-Streifenlichtscannmethoden für eine Qualitätskontrolle im Fertigungsprozess ihre Anwendung.

**Stichwörter:** Bifurkationsmodelle, 3D-Streifenlichtscanning, Rapid-Prototyping, Vakuumguss, Silikon

## **Production of hollow bifurcation models from transparent silicone for fluidic investigations**

**Abstract:** In research and evaluation of new medical tools, implants and pharmaceuticals artificial artery designs are used. These are made from silicon and are renowned as bifurcation-models. Fluid mechanical investigations with the aid of artificial blood allow reproducing and measuring anatomic and physiologic processes inside of the model. Here, among other things contrast agent is introduced into the models and the flow behaviour is analyzed with the aid of laser scanners (laser-induced-fluorescence, LIF) or particle streams (Particle Imaging Velocimetry, PIV). For an optimum in measurement and comparison of the results with the simulation results, the silicone models must be transparent and geometrically correct. A jump in refractive index between silicon and liquid must be avoided. This article examines the various manufacturing steps that are required for the production of defined artificial bifurcation-models. In addition to rapid prototyping technologies and vacuum casting also 3D structured light scanning methods are used for quality control in the manufacturing process.

**Keywords:** bifurcation-models, 3D structured light scanning, rapid prototyping, vacuum casting, silicon

HANS-PETER PRÜFER, ALUMNUS DER RUHR-UNIVERSITÄT BOCHUM

## **Erweiterte Ansätze zur Simulation des mechanischen Verhaltens von Hirngewebe nach Schädel-Hirn-Trauma**

**Inhalt:** Schwere Schädel-Hirn-Verletzung haben oft gravierende Spätfolgen. Diagnose und Prognose erweisen sich als problematisch. Zur Unterstützung werden numerische Modelle entwickelt, die das Verhalten einer geschädigten Hirnstruktur beschreiben und zu einem besseren Verständnis des Schädigungsmechanismus führen sollen. Hierzu werden sowohl Materialmodelle und geometrische Modellierungen als auch Alternativen zur üblichen FEM-Analyse betrachtet, wobei vor allem Wert auf möglichst einfache, krankenhaustaugliche Modelle gelegt wird. Die erzielten Ergebnisse lassen realistische Aussichten auf schnellere Vorhersagen des Schädigungsverlaufs erwarten.

**Stichwörter:** Schädel-Hirn-Trauma, Modellbildung, Simulation, Neurochirurgie

## **Advanced approaches to simulate the mechanical behaviour of brain tissue after craniocerebral trauma**

**Abstract:** The victims of traumatic brain injuries suffer often from severe long-term consequences. To gain a deeper insight a numerical simulation of the mechanisms of brain damage is developed. A comparison of various material models proves as well helpful as a study of geometry models. Additionally, an alternative replacement for the usual FEM is considered to find a prediction method suitable for the routine work in neurosurgery. Our results yield realistic expectations for faster and better prognoses of treatment.

**Keywords:** traumatic brain injury, numerical models, simulation, neurosurgery

PHILIPP SEMBDNER, STEFAN HOLTZHAUSEN, CHRISTINE SCHÖNE, RALPH STELZER, TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN, ANDREAS KLAR, DANIEL ELLMANN, RÜBELING + KLAR DENTAL-LABOR GMBH

### **Prozesskette zur Herstellung von Operationsschablonen für die navigationsgestützte Implantation**

***Inhalt:** Im Beitrag wird eine durchgängige Prozesskette zur Planung und Fertigung individueller Bohrschablonen für die navigationsgestützte Implantation vorgestellt, die in Zusammenarbeit mit dem Dentallabor Rübeling+Klar (R+K) aus Berlin erarbeitet wurde. Kernstück der Prozesskette ist eine Softwarelösung, die auf Grundlage von Patientenaufnahmen aus bildgebenden Verfahren die Diagnostik und Planung der erforderlichen Implantate ermöglicht. Durch die Software werden die Planungsdaten in einem üblichen CAD/CAM-Austauschformat an ein CAM-System übergeben. Dieses stellt die NC-Daten für eine CNC-Fräsmaschine bereit, welche die Bohrschablonen für die Implantation fertigt. Für die Festlegung eines einheitlichen Koordinatensystems wurde eine spezielle Registrierplatte entwickelt.*

***Stichwörter:** navigationsgestützte Implantation, CAD/CAM Prozesskette, individuelle Softwarelösung*

### **Process chain for the production of surgical templates for navigation-supported implantation**

***Abstract:** A continuous process chain for planning and manufacturing of customized surgical guides for navigation-assisted implantation will be presented in the article. The process chain has been developed in co-operation with the dental laboratory Rübeling + Klar (R + K) from Berlin. The essence of the process chain is a software solution that allows the diagnostic and planning of the necessary implants based on patient images from imaging techniques. The software handed over the planning data to a CAM system in a conventional CAD / CAM-exchange format. The CAM system provides the NC-data for a CNC milling machine, which manufactures the drilling templates for implantation. For establishing a common coordinate system, a special registration plate was developed.*

***Keywords:** navigation-assisted implantation, CAD/CAM process chain, customized software solution*

STEFAN ZORN, KLAUS BRÖKEL, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK/ CAD, UNIVERSITÄT ROSTOCK

### **Reibmodell für die Untersuchung hydrodynamisch wirkender Radialgleitlager im Betriebsbereich der Mischreibung - Implementierung in das Simulationstool SIRIUS**

***Inhalt:** An der Universität Rostock existiert für die Berechnung und Simulation von hydrostatisch und hydrodynamisch wirkenden Radialgleitlagern das Programm SIRIUS. Die aktuell implementierten Funktionalitäten erlauben die Beachtung verschiedener Randbedingungen bei der Berechnung der Druckverläufe. Um das Einsatzgebiet des Simulationstools vergrößern zu können, soll das System um ein Reibungsmodul für die Berücksichtigung von temporär auftretenden Mischreibungsgebieten bei kritischen Spalthöhen erweitert werden. In diesem Paper werden zuerst die relevanten Programmkomponenten erläutert, bevor im zweiten Teil die Darstellung des zugrunde liegenden wissenschaftlichen Ansatzes erfolgt.*

***Stichwörter:** Mischreibung, Konzept der Lastaufteilung, Reibung, Festkörperkontakt*

## **Friction model for the investigation of hydrodynamically acting radial plain bearings in the operating range of mixed friction - Implementation in the simulation tool SIRIUS**

**Abstract:** A simulation software called SIRIUS has been developed at the university of Rostock to analyze both hydrostatic and hydrodynamic radial plain bearings. The current state of development facilitates the definition of boundary conditions for the calculation of these bearings. As an upgrade and to bring more versatility to the simulation tool there will be an additional module for factoring in the temporary semi-fluid friction caused by critical gap heights. This article is going to exemplify the relevant software components on the one hand and will also outline the scientific basics of the simulation model.

**Keywords:** mixed friction, load sharing concept, friction, asperity contact

DIPL.-ING. CLAUDIA KLEINSCHRODT, DIPL.-WIRTSCH.-ING. REINHARD HACKENSCHMIDT, PROF. DR.-ING. FRANK RIEG, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLERE UND CAD, UNIVERSITÄT BAYREUTH

## **Evaluierung des 3D-Datenaustauschs von Präzisionswerkzeugen**

**Inhalt:** Derzeit ist für einen Lieferanten technischer Erzeugnisse die Informationsbereitstellung für den elektronischen Einkauf, für die technische Dokumentation bzw. als Input für die Digitale Fabrik seiner Kunden sehr arbeitsintensiv. Durch das Sammeln relevanter Daten bereits während des Produktentstehungsprozesses und eine Bereitstellung über eine auf gängigen Standards basierende Servertechnologie kann dieser Aufwand erheblich reduziert werden. Allerdings gibt es bis zur Realisierung eines vollständig automatisierten Datenaustausches noch viele Herausforderungen und Probleme, die es zu lösen gilt. Ein elementares Problem stellt dabei der Austausch von 3D-CAD-Daten dar. Durch die Übermittlung von Informationen zwischen verschiedenen Programmen werden häufig Daten verfälscht oder gehen gar verloren. Um die Qualität des Exports bzw. des Imports unterschiedlicher 3D-CAD-Programme zu bewerten, werden Studien durchgeführt, die die Übertragung verschiedener ausgewählter Merkmale betrachten. Untersucht wird die Übermittlung mittels des neutralen Standards STEP. Gegenstand der Übertragung sind 3D-Modelle von Werkzeugen, welche nach DIN 4003 konstruiert wurden. Aufbauend auf diesen grundlegenden Untersuchungen können neue Standards für den Datentransfer entwickelt werden, um einen kompatiblen Export sowie Import zu garantieren.

**Stichwörter:** CAD, Datenaustausch, Standard, STEP, Werkzeug

## **Evaluation of the 3D data exchange of precision tools**

**Abstract:** Nowadays suppliers of technical products have a lot of work to do to provide all necessary information for electronic purchasing, technical documentation or as input for the digital factory of their customers. By collecting relevant data already during the product creation process and providing a common standards-based server technology, this cost can be significantly reduced. However, up to the realization of a fully automated data exchange there are still many challenges and problems that need to be solved. A fundamental problem is the exchange of 3D CAD data. Through transmission of information between different programs, data is often distorted or even lost. To evaluate the quality of the export or import of different 3D CAD programs, studies are carried out, looking at the transfer of various selected characteristics. In this examination the exchange via the neutral standard STEP is checked. In this case 3D-models of tools, which have been designed in accordance with DIN 4003, are used. Based on these fundamental studies new standards for data transfer can be developed to guarantee a compatible export and import.

**Keywords:** CAD, data exchange, standard, STEP, tool

MARCIN HUMPA, PETER KÖHLER, INSTITUT FÜR PRODUKT ENGINEERING, LEHRSTUHL FÜR RECHNEREINSATZ IN DER KONSTRUKTION, UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN

## **CAD-Methoden zur Produktivitätssteigerung in der Prozesskette Konstruktion-Fertigung**

**Inhalt:** Die Kostenfestlegung und Kostenentstehung eines Produktes wird im Wesentlichen von den Entwicklungs- und Konstruktionsabteilungen verantwortet. Bewiesen ist, dass die dort oft unbewusst festgelegten Kosten erst während der Fertigungsplanung sichtbar werden. Seit Jahren werden verschiedene Ansätze und Methoden zur Kostenabschätzung entwickelt um eine Kostenfrüherkennung in der Konstruktion zu realisieren. Diese Strategien, mit deren Hilfe die Auswirkungen der konstruktiven Festlegungen in Form von Fertigungszeiten oder -kosten ermittelt werden, verweisen jedoch i. d. R. nicht auf die eigentlichen Ursachen. Mit Hilfe von den in diesem Beitrag vorgeschlagenen Strategien und entwickelten CAD-Methoden sollen bessere Voraussetzungen zur Wahrnehmung der hohen Kostenverantwortung geschaffen und somit auch die Produktivität in der Prozesskette Konstruktion-Fertigung gesteigert werden.

**Stichwörter:** CAD-Methodik, fertigungsorientierte Modellierung, featurebasierte CAD-CAM-Kopplung, Prozesskette Konstruktion-Fertigung, CAD-Tools

## **CAD methods to increase productivity in the process chain of construction and manufacturing**

**Abstract:** The development and design departments are highly responsible for the determination of the product costs. It is proved that the related costs are not becoming visible before the production planning steps are carried out. For years, different approaches and methods have been developed for the estimation of these costs. In this regard, the early cost detection during the design process was the goal that should be realized. However, these available strategies which analyse the impact of the design specifications in the form of production times or costs do not address the related causes. Here, the strategies and developed CAD-methods that are proposed in this paper should create an improved perception of the manufacturing costs during the design process. This should lead to increased productivity during the whole process chain.

**Keywords:** CAD methodology, design for manufacturability, manufacturing-oriented design, feature-based CAD-CAM coupling, engineering-manufacturing process chain, CAD-tools

ALI DARYUSI, GRIT KÖHLER, YASAR DARYOUSI, PROFESSUR FÜR MASCHINENELEMENTE UND CAD/CAE-LABOR, HOCHSCHULE OFFENBURG

## **Eye-Tracking-Analyse des Betrachtungsverhaltens bei Micro-Präsentationen in der CAE- Ausbildung**

**Inhalt:** Die Zielsetzung des vorliegenden Beitrags ergibt sich aus der persönlichen Motivation der Autoren, das visuelle Verhalten und das Handeln vom jungen Ingenieur beim Micro-Präsentieren technischer Inhalte und Lösungsergebnisse in bildlicher und begrifflicher Form besser zu verstehen und somit effizienter unterstützen zu können. Dabei wurden mehrere Einzelpersonen aus dem Studiengang des Maschinenbaus der Hochschule Offenburg mit Hilfe der Eye-Tracking-Technik beobachtet. Die Probanden befinden sich im 6. Semester, sind im Alter von 21 bis 24 Jahren und zeichnen sich durch einen einheitlichen Ausbildungsstand aus. Die Versuchszeit für die Präsentation der Aufgabe betrug 100 Sekunden. Die Analyse der gewonnenen Daten dieser empirischen Laboruntersuchung erlaubt erste Einblicke in die visuelle Wahrnehmung technischer Objekte beim Vortragen

**Stichwörter:** didaktische Grundlagen, Präsentationskompetenz, neue Ausbildungswege, kompetenzorientierte Gestaltung von Lernumgebungen.

## **Eye-tracking analysis of viewing behaviour during micro-presentations in CAE training**

**Abstract:** *The aim of this paper arises from the personal motivation of the authors. They are looking for better understanding and more efficiency in supporting the visual behavior and the actions of the young engineers (students) at Micro-Presentation of technical contents and results in pictorial and conceptual form. The authors observed several individuals from the Department of Mechanical and Process Engineering at the University of Offenburg by using the eye-tracking Technique. The test persons are studying in the 6th semester, they are between 21 and 24 years old and having the same level of engineering education. Each person has 100 seconds to explain his presentation. The analysis of the obtained results of this empirical laboratory research allows an insight into the visual perception of technical objects while performing.*

**Keywords:** *didactic basics, presentation skills, new training paths, skills-based design of learning environments.*

JENNIFER HACKL, DIETER KRAUSE, INSTITUT FÜR PRODUKTENTWICKLUNG UND KONSTRUKTIONSTECHNIK, TECHNISCHE UNIVERSITÄT HAMBURG-HARBURG

## **Rechnergestützte Optimierung in der variantengerechten Produktgestaltung modularer Produktfamilien durch Implementierung eines Genetischen Algorithmus**

**Inhalt:** *In der Veröffentlichung wird ein Genetischer Algorithmus implementiert, um die variantengerechte Produktgestaltung zu unterstützen. Dazu wird beispielhaft eine Produktfamilie optimiert, die Optimierung bewertet und Vor- und Nachteile diskutiert.*

**Stichwörter:** *Variantengerechte Produktgestaltung, Genetischer Algorithmus, Produktfamilienoptimierung*

## **Computer-aided optimization in the variant-appropriate product design of modular product families by implementing a genetic algorithm**

**Abstract:** *In this paper a genetic algorithm is implemented to support design for variety. Therefore a product family is optimized exemplarily, the outcome is evaluated and advantages and disadvantages are discussed.*

**Keywords:** *Design for variety, genetic algorithm, product family optimization*



DIPL.-ING. (FH) SEBASTIAN MÖSER, M.SC., FRAUNHOFER IFF, MAGDEBURG, PROF. DR.SC.TECHN. ULRICH SCHMUCKER, FRAUNHOFER IFF, MAGDEBURG, PROF. DR.-ING. KARL-HEINRICH GROTE, OVGU MAGDEBURG, FAKULTÄT MASCHINENBAU

### **Durchgängige Produktentwicklung im Sondermaschinenbau im Kontext semantischer Datenbezüge**

**Inhalt:** Das entscheidende Kriterium für die Wettbewerbsfähigkeit von Maschinen- und Anlagenbauern besteht in der Fähigkeit, technisch anspruchsvolle und risikoreiche Projektentwicklungen in immer kürzerer Zeit, mit möglichst geringen Kosten und bei hoher Qualität zu realisieren. Moderne Methoden der Produktentwicklung und der virtuellen Inbetriebnahme bieten dazu neue Möglichkeiten und Wege für die Produktentstehung. Die größte Hürde für die durchgängige Nutzung dieser Methoden ist jedoch nach wie vor die Tatsache, daß die Daten der einzelnen Entwurfssysteme (MCAD/ ECAD/ Steuerung,...) isoliert nebeneinander und ohne Bezug zueinander stehen. Durch die Schaffung anwenderübergreifender Objektbezüge und die Restrukturierung verschiedener Prozesse kann ein signifikantes Einsparpotential erzielt werden. Der vorliegende Beitrag beschreibt einen Ansatz, eine Datendurchgängigkeit auf semantischer Ebene zu realisieren.

**Stichwörter:** Produktentwicklung, Virtuelle Inbetriebnahme, Durchgängigkeit, Objektbezüge

### **Consistent product development in special machine construction in the context of semantic data references**

**Abstract:** The crucial criterion for the competitiveness of machinery and equipment manufacturers is their capability to develop technically sophisticated and risky projects in increasingly shorter time at the lowest cost possible and with high quality. Advanced methods of product development and virtual commissioning furnish new opportunities and means to develop products. The greatest obstacle to the integrated use of such methods still remains, however, that the data from the individual design systems (MCAD, ECAD, control, etc.) are isolated rather than interrelated. Creating cross-user object relations and restructuring different operations generates significant potential for savings. This paper describes an approach to integrating data semantically.

**Keywords:** product development, virtual engineering, patency, object relations

STEFAN HAUTSCH, BETTINA ALBER-LAUKANT, FRANK RIEG, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLEHRE UND CAD, UNIVERSITÄT BAYREUTH

### **Validierung der freien Finite-Elemente-Analyse-Software Z88Aurora anhand der NAFEMS-Benchmarks**

**Inhalt:** Z88Aurora ist ein in Deutschland entwickeltes und für wissenschaftlichen und kommerziellen Gebrauch kostenlos erhältliches Finite-Elemente-Analyse-Programm. Zur Validierung der genannten FEASoftware werden die NAFEMS-Benchmarks eingesetzt. Hierbei werden alle Tests durchgeführt, die durch die von der Software Z88Aurora gebotenen Randbedingungsdefinitionen, Finite-Element-Typen und Berechnungsmodi möglich sind. Bei der Auswertung werden zusätzlich die Benchmark-Ergebnisse einer kommerziellen State of the Art Software zum Vergleich herangezogen. Sobald die Vorgaben der Benchmarks vollständig umgesetzt werden können, liefert die kostenlose Simulationssoftware sehr geringe Abweichungen zum analytischen Wert. Es zeigt sich, dass die freie Software Z88Aurora bei diesen Benchmark-Tests zur kommerziellen State of the Art Software ebenbürtig ist.

**Stichwörter:** NAFEMS, Benchmark, Z88Aurora, kostenlos, FEA, FEM

## Validation of the free finite element analysis software Z88Aurora against the NAFEMS benchmarks

**Abstract:** The finite element analysis application Z88Aurora was developed in Germany and is completely free for academic and commercial use. For validation of the mentioned free FEA software, the NAFEMS benchmarks are utilized. Here all tests – with regard to the offered possibilities for definition of boundary conditions, finite element types and computation modes – are performed. In addition, the benchmark results of a commercial state-of-the-art software are considered for comparison. As soon as the entire standards of the benchmark can be implemented, the free simulation software shows very low deviations to the analytical calculated values. It becomes apparent that the free software Z88Aurora and the commercial state-of-the-art software are on a par.

**Keywords:** NAFEMS, benchmark, Z88Aurora, freeware, FEA, FEM

DANIEL BILLENSTEIN, MAXIMILIAN BRAUN, CHRISTIAN GLENK, FRANK RIEG, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLEHRE UND CAD, UNIVERSITÄT BAYREUTH

## Beeinflussung des FE-Verformungsverhaltens durch die Verwendung unterschiedlicher Koppelemente

**Inhalt:** Ausgangsbasis jeder FE-Modellierung ist eine möglichst realitätsnahe Repräsentation des Belastungsszenarios unter Berücksichtigung des Umfeldes. Bedingt durch die begrenzte Rechnerleistung bedarf es häufig sog. Koppelemente, um die Modellgröße zu reduzieren [1]. Besonders bei der konkurrierenden Zielstellung von kontinuierlich steigender Leistung bei gleichzeitiger Einsparung von Raum im Planetengetriebebau ist eine ganzheitliche Betrachtung des Planetenradsystems notwendig aber rechenintensiv. Daher gilt es diese komplexen Wechselwirkungen, bei gleicher Berechnungsgüte, durch Koppelemente zu vereinfachen. Das Verhalten der gekoppelten Knoten ist sehr stark von der Modellierungsart des eingesetzten Koppelementes abhängig [2]. Der Einsatz beispielsweise ideal steifer Balken bei der Simulation von Lagerstellen führt zu Versteifungseffekten innerhalb des abgebildeten Lagersitzes, d.h. Relativbewegungen zwischen den Knoten im Lagersitz sind aufgrund der Koppelemente gesperrt [3]. Demgemäß wurden die Eigenschaften von Stabelementen und deren Einfluss auf die Modellvereinfachung des Systems Planetenrad hinsichtlich deren realitätsgetreuen Anwendung untersucht und ein vereinfachtes FE Ersatzmodell entwickelt.

**Stichwörter:** Finite Elemente Analyse, FEA, Planetenrad, Koppelemente, Modellvereinfachung

## Influencing the FE deformation behaviour through the use of different coupling elements

**Abstract:** The starting point of every FE-modelling approach is the most realistic representation of the load scenario under consideration of the surroundings. Due to the limited computing power, couple elements are often needed to reduce the model size [1]. Particularly, the competing targets of constantly increasing computing power and saving of installation size within planetary gears at the same time, an integral consideration of planetary gear systems are necessary but CPU-intensive. For this purpose, the complex interactions through couple elements are to be simplified by devoid of a deterioration of the simulation quality. The behavior of the coupled nodes strongly depends on the modelling type of the used couple element [2]. For example, the application of rigid beam elements for the simulation of bearing positions leads to stiffening effects within the modelled bearing seat. That means relative movements between the nodes in the bearing seat are fixed by couple elements [3]. Accordingly, the properties of truss elements and their influence on the simplification of the model of the planet gear system are examined under realistic conditions. Furthermore, a simplified FE-model is developed.

**Keywords:** Finite-Element-Analysis, FEA, planetary gear, couple element, model simplification

YOUSEF HOOSHMAND, PETER KÖHLER, INSTITUTE FÜR PRODUKT ENGINEERING, UNIVERSITÄT DUISBURG-ESSEN, ANDREA KORFF-KRUMM, SIEMENS AG, DIVISION PG CP

## **Variantenkostenschätzung für kundenspezifische Produkte im Maschinen- und Anlagenbaubereich**

**Inhalt:** Die Kostenschätzung für Produkte des Maschinen- und Anlagenbaubereichs, die in den Bereich der Einzelfertigung eingeordnet werden können, findet in früheren Phasen der Produktentstehung und während der Angebotsphase zum Akquirieren von Aufträgen statt. Daher führt eine Überschätzung der Produktentstehungskosten zum Verlust von potenziellen Aufträgen, während eine Unterbewertung einen Gewinnverlust verursacht. Für jedes Angebot muss somit eine möglichst exakte Kostenschätzung während der Angebotsphase oder während der Konzeption und Vorstufen der Produktentwicklung erstellt werden. Bei der Einzelfertigung müssen die Endprodukte verschiedenen Kundenanforderungen exakt erfüllen, sodass in der Regel jedes neu bestellte Produkt gleichzeitig eine neue Variante ist. Dieser Trend induziert eine hohe Komplexität an das System und erhöht die Anzahl der Varianten drastisch. Im Rahmen dieser Arbeit wurde eine Kostenschätzungsmethode entwickelt, die die Variantenkosten in der Auftragsphase abschätzt. Dies wird durch einen relativen Vergleich von Auftragsvarianten mit Standardvarianten durchgeführt. Dafür werden die kostentreibende Merkmale einzelner Elemente von Auftragsvarianten mit Standardvarianten verglichen. Die Gesamtkosten der Produktentstehung ergeben sich dann aus den Kosten aller Strukturelemente (inklusive allgemeiner Elemente). Bei der entwickelten Kostenschätzungsmethode standen vor allem die Anforderungen und Besonderheiten im Einzelfertigungsbereich im Vordergrund. Darüber hinaus galt es, die Kostenschätzungszeit und die damit verbundenen Kosten während der Angebotsphase zu verringern und die Kostentransparenz zu erhöhen.

**Stichwörter:** Kosteneinschätzung, Einzelfertigung, Produktentstehungskosten

## **Variant cost estimation for customer-specific products in mechanical and plant engineering**

**Abstract:** The cost estimation of customized products in Engineer-to-order (ETO) manufacturing must be done during early stages of product design and during the bidding process. Thus an overestimation of product development (PD) costs may lead to the loss of orders and an under estimation causes a profit loss. Consequently, the cost of products for each order has to be estimated as accurate as possible during the bidding process or during the conceptual design and the first stages of product design. In ETO manufacturing the products need to fulfill different customer requirements so that each new order usually results in a new variant. This trend results in drastically increased number of variants and high complexity of the system. This paper presents a method for cost estimation of new product variants during the bidding process. This will be done by relative comparison of new product variants with standard product variants. For this the attributes of new variants will be compared with the product model attributes of standard variants. The total cost of the new product variant is then the sum of the costs of all structure elements (inclusive general elements). The proposed method is mainly developed based on the requirements of ETO manufacturing. The method simplicity helps to reduce the cost estimation time and expenses in bidding process and to increase the cost transparency.

**Keywords:** Cost estimation, Engineer-to-Order, Product development costs

M. SC. CHRISTIAN ESSER, PROF. DR.-ING. ROBERT REFFLINGHAUS, QUALITÄTS- & PROZESS-MANAGEMENT, UNIVERSITÄT KASSEL

## **Verbesserung der Produktqualität durch eine frühe Anforderungvalidierung mithilfe der virtuellen Realität**

**Inhalt:** Wenn Produktmerkmale die Kundenanforderungen zu 100 % erfüllen, spricht man von Qualität. Im Rahmen der Anforderungsermittlung werden verschiedene Methoden eingesetzt, um die bewussten Kundenanforderungen zu generieren. Verborgene (unbewusste) Kundenanforderungen werden dabei nicht berücksichtigt. Aus erhobenen Kundenanforderungen lassen sich jedoch die späteren Produktmerkmale ableiten. Daher kommt es bei dem entwickelten Produkt oft zu einer Abweichung von den vom Kunden gewünschten Eigenschaften. Jede Abweichung führt zu einer geringeren Produktqualität. Die dreidimensionale virtuelle Realität ermöglicht es früh, Erkenntnisse über Produktmerkmale und –funktionen optisch darzustellen und zu simulieren. Es müssen jedoch neue Verfahren zur Datenanalyse entwickelt werden, damit die tatsächlichen Kundenanforderungen abgeleitet werden können. Zudem muss durch eine systematische Vorgehensweise sichergestellt werden, dass die überarbeiteten Anforderungen wieder strukturiert in den Produktentwicklungsprozess einfließen. Im Rahmen dieses konzeptionellen Beitrags soll eine mögliche Vorgehensweise zur Validierung von Kundenanforderungen in den frühen Phasen der Produktentwicklung und den daraus resultierenden Herausforderungen aufgezeigt werden. Thematisiert wird der besondere Nutzen dieser Vorgehensweise für die Produktentwicklung im Kontext des proaktiven Qualitätsmanagements.

**Stichwörter:** Präventives Qualitätsmanagement, Produktentwicklung, Anforderungvalidierung, virtuelle Realität, Eyetracking

## **Improvement of the product quality through an early Requirements validation using virtual reality**

**Abstract:** If features meet customer requirements to 100%, one speaks about quality. In the context of the requirement identification various methods are used to generate the conscious customer requirements. Hidden (unconscious) customer requirements are not taken into account. From collected customer requirements, however, the later features can be derived. Therefore, in the developed product it often comes to a deviation from the characteristics required by the customer. Any deviation results in a lower product quality. The three-dimensional virtual reality early allows to visually represent and simulate insight about product features and functions. However, there must be developed new methods for data analysis that actual customer requirements can be derived. Through a systematic approach it also must be ensured that the revised requirements again flow structured into the product development process. Within the scope of this conceptual contribution a possible procedure for validation of customer requirements and the resulting challenges is shown. The particular use of this approach for product development in the context of proactive quality management is discussed.

**Keywords:** preventive quality management, product development, requirements validation, virtual reality, eye tracking

RALPH STELZER, STEPHAN GÜNTER ARNDT, WOLFGANG STEGER, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK/CAD, IMM, TECHNISCHE UNIVERSITÄT (TU) DRESDEN

## **Visualisierung von Engineering- und Prozessinformationen technischer Anlagen**

**Inhalt:** Der Lebenszyklus eines technischen Produkts wird begleitet durch mehrere Modelle, die je nach Lebensphase eine unterschiedlich große Bedeutung besitzen. Abhängig von der zu erfüllenden Aufgabenstellung genügt für gewöhnlich die spezifische Sicht auf das Produkt mithilfe eines adäquaten Modells. Für umfangreiche und komplexe Untersuchungen jedoch ist dieser Blickwinkel mitunter eingeschränkt. Am Beispiel einer halbindustriellen Versuchsanlage demonstriert dieser Beitrag die Verknüpfung domänenspezifischer Modelle aus Engineering- und Prozesssicht zusammen mit Betriebsdaten. Das Engineeringmodell wird durch ein relationales Datenbankschema in SAP abgebildet. Demgegenüber wird das Prozessmodell als semantisches Datenmodell mittels Linked Data verwaltet. Die Modellverknüpfung schafft einen erweiterten Informationsraum, auf dessen Grundlage Anwendungsfunktionen für die Störungsbehebung, Schulung oder Umplanung realisierbar sind. Die Ergebnisdarstellung mithilfe moderner Visualisierungssysteme aus dem Bereich der Virtuellen Realität ermöglicht dem Benutzer einen intuitiven und direkten Zugang. Entscheidungssituationen lassen sich gezielt unterstützen.

**Stichwörter:** Prozess- und Technikmodell, Betriebsdaten, Verknüpfung, Nutzungsfunktion, Virtuelle Realität

## Visualization of engineering and process information of technical plants

**Abstract:** The lifecycle of a technical product is been followed by multiple model representations that differ in relevance depending on the stage of life. Thus, a specific view is normally connected to an appropriate problem. For extensive and complex examinations however, a restricted view is sometimes insufficient. Based on a semi-industrial and experimental plant this article demonstrates the combination of domain specific models from engineering- and process view and with operating data. The engineering model is represented by a relational database system in SAP. In contrast, the process model is managed by Linked Data in a semantic schema. The approach creates an integrated information space that helps realising new functionalities for troubleshooting, training or replanning activities. The presentation of the results, supported by Virtual Reality, allows users to gain a direct and intuitive access. Decision-making can be supported purposive.

**Keywords:** process and engineering model, operating data, linking data, application function, Virtual Reality

THEODOROS TZIVANOPOULOS, VOLKSWAGEN KONZERNFORSCHUNG, VOLKSWAGEN AG,  
THOMAS VIETOR, INSTITUT FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK, TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
BRAUNSCHWEIG

## Konsistente Fahrzeuginnenraumkonzepte unter dem Aspekt konstruktiver Gestaltungsfreiheiten

**Inhalt:** Im vorliegenden Beitrag wird ein Vorgehen beschrieben, das die frühzeitige Bewertung konstruktiver Gestaltungsfreiheiten in der Fahrzeuginnenraumkonzeption ermöglicht. Diese erweitern den endlichen Lösungsraum um weitere, bis dato nicht in Betrachtung gezogene, Möglichkeiten. Dabei werden als Bewertungskriterien sowohl gesetzliche als auch ergonomische Vorgaben herangezogen und anthropometrische Randbedingungen durch Einbindung geeigneter Metamodelle berücksichtigt. Mit Hilfe eines Beziehungsmodells auf Basis mathematischer Gleichungen können konsistente Fahrzeuginnenraumkonzepte erstellt werden.

**Stichwörter:** Virtuelle Produktentwicklung, Fahrzeuginnenraumkonzeption, Ergonomie, Maßkonzept, Frühe Konzeptphase, digitale Menschmodelle, Metamodelle

## Consistent vehicle interior concepts under the aspect of freedom of design

**Abstract:** The present paper shows an approach which allows an early evaluation of design flexibilities in the vehicle interior conception. These expand the finite solution space by additional, previously unconsidered possibilities. Both legal and ergonomic regulations are used as evaluation criteria. Anthropometric constraints are incorporated by using suitable metamodels. With the aid of a relation model on the basis of mathematical equations, consistent vehicle interior concepts can be developed.

**Keywords:** virtual product development, vehicle interior conception, ergonomic, vehicle dimensioning, early concept phase, digital manikin, metamodels

JANNA HAHN, MICHAEL HAZELAAR, VOLKSWAGEN AKTIENGESELLSCHAFT, KARL-HEINRICH GROTE, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION, OVGU MAGDEBURG

### **Konzeptauslegungsvarianten als Hilfsmittel bei der Fahrzeugkonzeption in der frühen Konzeptphase**

**Inhalt:** Das Ziel von Forschungsbereichen ist es, Ideen schnell in konsistente Fahrzeuggrobkonzepte umzusetzen. In der frühen Konzeptphase ist für den ersten Entwurf von Fahrzeuggrobkonzepten ein minimales Anforderungskollektiv erforderlich, das häufig nicht in benötigtem Umfang zur Verfügung steht. Dieses Paper stellt ein Hilfsmittel vor, mit dem – auf Basis der zentralen Konzeptidee – durch Festlegung konzeptrelevanter Fahrzeugeigenschaften ein stimmiges minimales Anforderungskollektiv definiert wird.

**Stichwörter:** Fahrzeugkonzeption, Anforderungen, Fahrzeugeigenschaften

### **Concept design variants as an aid to vehicle design in the early concept phase**

**Abstract:** The aim of research fields is to implement ideas into coherent basic vehicle concepts as quickly as possible. The first basic vehicle design requires an active set of minimum requirements in the early concept phase, which aren't frequently available in a required quantity. The paper introduces a tool that defines a coherent set of minimum requirements by determining design relevant vehicle characteristics based on a central design idea.

**Keywords:** Vehicle Design, Requirements, Vehicle Characteristics

LILIANE NGAHANE NANA, TIM KATZWINKEL, JONATHAN SCHMIDT, JÖRG FELDHUSEN, LEHRSTUHL UND INSTITUT FÜR ALLGEMEINE KONSTRUKTIONSTECHNIK DES MASCHINENBAUS (IKT), RWTH AACHEN

### **Anwendung aktueller Optimierungsmethoden auf Mehrzieloptimierung von Multi-Material Strukturen**

**Inhalt:** Viele Industriebereiche werden von komplexen Optimierungsproblemen betroffen für welche optimale Entscheidungen getroffen werden müssen. Die in der Praxis vorkommenden Problemstellungen haben nur selten eine Zielfunktion zu erfüllen; denn es gibt meist mehrere zu optimierende Zielfunktionen, die sich widersprechend können. Die Mehrzieloptimierung beschäftigt sich mit der Lösung von solchen Problemen und sie versucht mehrere Komponenten eines Vektors zu optimieren. Im Gegensatz zu der Optimierung mit einer einzigen Zielfunktion hat die Mehrzieloptimierung nicht eine einzige Lösung sondern eine Reihe von Lösungen, die so genannte Gruppe von nicht-dominierten Lösungen oder die optimalen Lösungen. Im Rahmen dieser Forschungsarbeit geht es um die Identifizierung von vorhandenen Optimierungsmethoden, die für die Mehrzieloptimierung von Multi-Material Strukturen am besten geeignet sind. Diese Identifikation erfolgt in Zusammenhang mit einer definierten Bewertungsmethode, bei denen die Bewertungskriterien spezifisch zu den oben genannten Strukturen sind. Kurz gesagt untersuchen die Autoren dieses Artikels die Relevanz einiger Optimierungsalgorithmen für den Einsatz im Bereich des Multi-Material Designs.

**Stichwörter:** Methodik, Bewertungsmethoden, Metaheuristiken, Mehrzieloptimierung/Multikriteriell Optimierung, Multi-Material Design,

### **Application of current optimisation methods to Multi-objective optimization of multi-material structures**

**Abstract:** Many industry sectors are affected by complex optimization problems for which optimal decisions must be taken. The optimization problems encountered in practice are rarely single-objective; there are usually several objectives to satisfy simultaneously and those may be contradictory. Hence the multiobjective optimization is concerned with solving such problems; it seeks to optimize several components of a vector. Unlike the single-objective optimization, it has not a single solution but a set of solutions, known as the set of non-dominated solutions or set of optimal solutions. In the context of this

*research it comes to finding existing optimization methods and identifying those best suited for the multi-objective optimization of multi-material structures. This identification is made through a defined methodology in which the different methods are evaluated under specific evaluation criteria of this concrete type of structure. In brief the authors of this paper investigate the pertinence of some optimization techniques to Multi-Material design.*

**Keywords:** Methodology, Valuation methods, metaheuristic algorithms, Multi-Objective Optimization, Multi-Material Design

CARSTEN BÖHME, KLAUS BRÖKEL, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK/CAD, UNIVERSITÄT ROSTOCK

### **Zum Stand der Entwicklung einer stationären Wirbelschichtfeuerung in Versuch, Simulation und Konstruktion**

**Inhalt:** Der Beitrag stellt den Stand der Forschungsarbeit zur stationären Wirbelschichtfeuerung vor. Nach einer kurzen Einführung in die Wirbelschichtverbrennung und das Anlagenkonzept werden verschiedene Aspekte der Entwicklung vorgestellt. Die auskleidungsfreie Bauweise des Wirbelschichtreaktors erfordert eine sorgfältige Untersuchung der mechanischen und thermischen Eigenschaften des hochexpandierenden, blasenbildenden Wirbelbetts und der daraus resultierenden Lasten auf den Behälter. Dazu wird auf die Ergebnisse aus den Messungen im Laborversuch und am Prototyp eingegangen. Unter anderem wurden an einem Versuchsreaktor die Düsenbodenbelastung und der Luftdruckverlauf während mehrerer Zustände des Wirbelbetts bestimmt. Weitere Daten wurden in Simulationen gewonnen.

**Stichwörter:** Wirbelschicht, Wirbelschichtfeuerung

### **On the status of the development of a stationary fluidized bed combustion system in test, simulation and design**

**Abstract:** The article will report on the current status of research on a stationary, low power, bubbling fluidized bed combustor system. Following a short introduction to the combustor system and fluidized bed combustion technology, several aspects of development will be pictured. The design of the fluidized bed reactor without refractory lining requires careful analysis of the mechanical and thermal properties of the high expansion fluidized bed and the resulting loads on the reactor. Air and nozzle grid pressure have been measured on a laboratory reactor for multiple conditions of the fluidized bed. Further data has been acquired from simulation.

**Keywords:** fluidized bed, fluidized bed combustion

ALEXANDER SCHMID, TIM KATZWINKEL, JUSTUS SIEBRECHT, JÖRG FELDHUSEN, LEHRSTUHL UND INSTITUT FÜR ALLGEMEINE KONSTRUKTIONSTECHNIK DES MASCHINENBAUS, RWTH AACHEN

### **Anforderungsgerechte Gestaltung von Multi-Technologie-Plattformen**

**Inhalt:** Werkzeugmaschinen, die mehr als eine Fertigungstechnologie integrieren, stehen derzeit aus Gründen der Wirtschaftlichkeit sowie Flexibilität stark im Fokus der Aufmerksamkeit und bergen deutliche Potentiale gegenüber klassischen Fertigungsverfahren. Bisher existiert keine Konstruktionsmethodik, die bereits in frühen Entwicklungsphasen auf die Kombination unterschiedlicher Verfahren Bezug nimmt, um Innovationszyklen durch effiziente Prozesse zu verkürzen. Um den Entwicklungsprozess zu unterstützen, wird nachfolgend eine Möglichkeit aufgezeigt, die Verträglichkeit bzw. die Wechselwirkungen bereits bei der Auswahl geeigneter Verfahrenskombinationen zu bewerten und den Aufwand einer möglichen Realisierung frühzeitig aus technologischer Sicht abzuschätzen.

**Stichwörter:** Produktentwicklungsmethodik, Clusteranalyse, technische Anforderungen, Werkzeugmaschine

## Design of Multi-technology platforms

**Abstract:** Machine tools integrating more than one single manufacturing technology are currently achieving a general public effect for reasons of economy and flexibility and offer significant potential to conventional manufacturing processes. So far there is no existing design methodology known based on the combination of multiple manufacturing technologies in the early stages of product development in order to shorten product innovation cycles. For this purpose a methodology is shown to rate the compatibility or rather the interdependencies with the selection of suitable combinations to estimate the effort of a potential implementation.

**Keywords:** systematic engineering design, cluster analysis, technical requirements, machine tool

CARSTEN HAUGWITZ, TOBIAS STEFANIAK, STEFAN LÜDECKE, FAKULTÄT FÜR MASCHINENBAU, OVGU MAGDEBURG

## Transportfahrzeuge als Plattform für die experimentelle Elektromobilität

**Inhalt:** Da die Fortschritte in der Elektromobilität aufgrund der hohen Kosten und unzureichender Kundennachfrage nicht das erwünschte Tempo erzielen, hat sich das Elektromobilitätsteam an der OVGU Magdeburg Spezialanwendungen zugewandt. Hierzu wurden nach den erfolgreichen Projekten „editha“ und dem dazugehörigen „Nachlauf Range Extender“, zwei Erprobungsfahrzeuge umgerüstet. Diese Kleintransporter bieten die Möglichkeit, mit internen Range Extendern und der Steuerung der notwendigen Komponenten zu experimentieren. Dabei kommen ein leistungsstarker Motor aus einem Schneemobil und ein experimenteller Wankelmotor zum Einsatz. Auch wurden verschiedene Typen von Akkus für den Fahrtrieb verbaut. Die hierbei gewonnenen Erfahrungen sollen in einem Projekt „editha2“ zusammenfließen, um ein zugelassenes Elektromobil mit verbesserter Performance und kompletter Alltagstauglichkeit im Stadtverkehr zu gewährleisten. Über die Entwicklungen und Erfahrungen wird in diesem Beitrag berichtet.

**Stichwörter:** Elektromobilität

## Transport vehicles as a platform for the experimental Electric mobility

**Abstract:** Because of the high costs and the insufficient customer demand the achievements in electric mobility can not be reached in the desired speed of development. As a consequence the electric mobility team of the Otto-von-Guericke-University Magdeburg turned to special applications. After the successful project 'Editha' and the compatible 'Trailer Range Extender' the team has re-equipped two test vehicles. These pickups allow to experiment with intern 'Range Extenders' and management of the necessary components. In both are installed powerful motors out of a snowmobile and an experimental rotary engine. Different types of batteries for the propulsion are used too. The won experiences will be joined in the project 'Editha2', to build a licensed electromobile with improved performance and complete suitability for daily use in the city.

**Keywords:** Electromobility

SABRINA HERBST, FRANK ENGELMANN, ERNST-ABBE-HOCHSCHULE JENA, KARL-HEINRICH GROTE, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION, OVGU MAGDEBURG

## Produktentwicklungsprozess im Explosionsschutz: Anforderungen erfordern Innovationen

**Inhalt:** Der Explosionsschutz ist ein wichtiger Bestandteil unseres alltäglichen Lebens. Bei vielen Prozessen können aufgrund der eingesetzten Stoffe und Sauerstoff explosionsfähige Atmosphären entstehen, in welchen durch das Hinzuführen einer Zündquelle eine bedrohliche Explosion auftreten kann. Mit spezifischen Maßnahmen und Bauteilen werden Gefährdungen verhindert. Der Produktentwicklungsprozess dieser Schutzmechanismen ist aufgrund komplexer Anforderungen und notwendigen Prüfungen sehr aufwändig und zeitintensiv. Ziel dieses Projektes ist die Erarbeitung einer Konstruktionsmethodik und weiterer Hilfsmittel, welche im Besonderen für den Explosionsschutz gültig sind, um Zeit und Kosten im Produktentwicklungsprozess zu senken.



**Stichwörter:** Produktentwicklung, Explosionsschutz, Konstruktionsmethodik

## **Product development process in explosion protection: requirements demand innovations**

**Abstract:** An essential part of our everyday life is explosions protection. Many processes contain flammable material and oxygen. Under certain condition together they develop an explosive atmosphere. An ignition source causes a threatening explosion. Specific measures and products prevent hazards. The product development process for the protection measures is characterized by complex requirements and necessary tests. Consequently the process has considerable expenditure. The objectives of this project are the development of a construction method and additional tools to improve the product development process within explosion protection concerning time and cost.

**Keywords:** product development, explosion protection, construction methodology

ROBIN KAISER, TOBIAS MARTINI, DAIMLER AG, SINDELFINGEN, MICHAEL VIELHABER, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSTECHNIK, UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

## **Einfluss der Fügetechnik auf die Materialauswahl von Strukturbauteilkonzepten mit baureihenübergreifend einheitlichen Schnittstellen**

**Inhalt:** Die steigende Variantenvielfalt im Automobilbereich erfordert zukünftig vor dem Hintergrund der Wirtschaftlichkeit bei stetiger Performanceverbesserung innovative Ideen und Anpassungen des Produktentwicklungsprozesses. Ein neuer strategischer Ansatz ist dabei die baureihenübergreifende Entwicklung von Strukturbauteilen mit einheitlichen Schnittstellen. Im Vergleich zu (größenskalierbaren) Gleichteilen sind hier Material und Geometrie mit gewissen Einschränkungen frei wählbar, was Vorteile in der Gestaltungsfreiheit hinsichtlich der fahrzeugspezifischen Zielerfüllung mit sich bringt. In diesem Paper wird dabei insbesondere der Einfluss der Fügetechnik auf die Materialauswahl, welche das konzeptlimitierende Element in der Entwicklung darstellt, verdeutlicht.

**Stichwörter:** Materialauswahl, Fügetechnik, Strukturbauteile, baureihenübergreifende Entwicklung

## **Influence of joining technology on the material selection of structural component concepts with uniform interfaces across series**

**Abstract:** The increasing diversity of variants in the automotive sector requires in the future innovative ideas and adaptations of the product development process in terms of economic efficiency and continual improving of performance. Thereby a new strategical approach is the development of structural components across-the-series with unified interfaces. Despite certain restrictions, materials and geometry can be selected freely in contrast to carry-over parts (scalable in size). This leads to advantages concerning the degrees of freedom in design to reach vehicle-specific goals. The paper clarifies particularly the influences of joining technologies on material selection, which illustrates the limiting element in product development.

**Keywords:** material selection, joining technologies, structural components, across-the-series development

HENRIK SCHNEGAS, FB MASCHINENBAU / VERFAHRENS- UND UMWELTTECHNIK, FAKULTÄT FÜR INGENIEURWISSENSCHAFTEN, HOCHSCHULE WISMAR

### **Risk Based Design – Ein Baustein für die Qualitätssicherung im Produktentwicklungsprozess ?**

**Inhalt:** Seit den 80er Jahren werden in europäischen Unternehmen die verschiedensten Qualitätsmanagementwerkzeuge eingeführt. Das, was in Asien ohne Probleme möglich war, trifft in Europa auf größeren Widerstand. Verbunden mit einer vom asiatischen Markt abweichenden Lebenseinstellung kommt es so zu gravierenden Qualitätsmängeln, wobei die Anzahl der für den Menschen und die Natur gefährlichen Mängel ansteigt. Im Beitrag wird eine Methode zur Berücksichtigung von Gefahren und Risiken im Konstruktionsprozess vorgestellt, die auf bewährte Qualitätswerkzeuge zurückgreift.

**Stichwörter:** VDI 2221, Risiko- und Gefahrenanalyse, Kano, FMEA, Anforderungsliste, Qualitätsdefinition.

### **Risk Based Design - A building block for quality assurance in the product development process ?**

**Abstract:** Since the 80s, a variety of quality management tools are introduced in European companies. That which was possible without problems in Asia, meets in Europe on greater resistance. Connected to a different way of life from the Asian market, it comes so to serious quarters of poor quality. The number of dangerous for humans and the natural defects increases. A method of accounting for hazards and risks in the design process is presented in the article, which relies on proven quality tools.

**Keywords:** VDI 2221, Risk- and Hazard analysis., Kano, FMEA, List of requirements, Definition of Quality

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

### **FEM-Untersuchung zur Entlastung von Durchdringungskerben an Getriebewellen**

**Inhalt:** Der hier vorliegende Beitrag beschreibt erste Untersuchungsergebnisse mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) zur Entlastung der Kerbspannungen an Getriebewellen mit Durchdringungskerben. Es handelt sich bei den Kerben um eine Umlaufnut mit überlagerter Querbohrung und um einen Wellenabsatz mit überlagerter Querbohrung. Die neu entwickelte Entlastungskerbe erweitert die üblichen Möglichkeiten zur Entlastung von Durchdringungskerben und ermöglicht bedeutende Spannungsreduktionen bis etwa 48% bei Biegung oder Zug/Druck. Die Entlastung bei Torsionsbelastung beträgt maximal etwa 18%. Es wurden Spannungsdiagramme der variierten Entlastungsparameter erstellt und Formeln zur näherungsweise Berechnung der zu erwartenden Spannungen in der Durchdringungskerbe und in der Entlastungsnut ermittelt, zudem werden Empfehlungen zur Gestaltung der Entlastungskerbe gegeben. Dieser Beitrag bietet eine Grundlage zur weiteren Untersuchung zum Thema „räumliche Durchdringungskerben“ und deren Entlastung.

**Stichwörter:** Entlastungskerben, Mehrfachkerben, Umlaufnut, Querbohrung, FEM.

## FEM investigation for the relief of penetration notches on gear shafts

**Abstract:** The present paper describes here first research results with the finite element method (FEM) for construction-dependent reducing of notch stresses in the drive shafts with three-dimensional multiple notches. It involves a circumferential groove in combination with a vertical hole. The second notch shape is a combination of a vertical hole in a shaft shoulder. The new relief notch allows significant reductions of stress to about 48% in bending or tensile stress. The relief effect in torsion is at most about 18%. The new relief notch extends the usual ways of theoretical reduction of stresses due to 3D multiple notches.

**Keywords:** relief notches, multiple notch, circumferential groove, cross hole, FEM.

ROBERT ODENBACH, KEVIN KUHLMANN, TOBIAS STEFANIAK, KARL-HEINRICH GROTE, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION, OVGU MAGDEBURG

## Konzeption und Konstruktion einer Polfahnen-Verbindung von Taschenzellen, welche elektrochemische Korrosion vermeidet

**Inhalt:** Taschenzellen (pouch cells) besitzen gemäß ihrem Elektrodenmaterial jeweils eine Kupfer- und eine Aluminium-Polfahne. Für das Zusammenschalten der Zellen zu fest konfigurierten Batteriemodulen werden die Polfahnen mittels industrieller Schweißverfahren stoffschlüssig miteinander verbunden. Damit ist auch bei in Reihe geschalteten Zellen der elektrische Kontakt zwischen den unterschiedlichen Metallen sichergestellt. Aufgrund der stoffschlüssigen Verbindungen gestaltet sich der Austausch einzelner Zellen im Falle des Versagens als äußerst schwierig und führt zum Austausch des gesamten Moduls. Gleichermaßen ist eine nachträgliche Änderung der Zellkonfiguration, wie es z. B. für Versuchsfahrzeuge erforderlich ist, nicht möglich. Bei den alternativ existierenden Lösungen, die z. B. in Eigenbaumodulen von Endverbrauchern Anwendung finden, werden die Polfahnen für ihre Kontaktierung zu meist gestanz und miteinander verschraubt. Dies ist zum einen in Bezug auf die Montage sehr aufwendig, zum anderen kann dabei mit den nicht aufeinander abgestimmten Metallpaarungen elektrochemische Korrosion am unedleren Metall (Aluminium) auftreten. Infolgedessen erhöht sich zunehmend der elektrische Übergangswiderstand zwischen den Polfahnen, die Taschenzelle kann nicht effizient betrieben werden und ihre Lebensdauer sinkt entsprechend. Im Rahmen der Forschungsarbeiten ist ein Batteriemodul entwickelt worden, bei dem die Polfahnen mit einfachen Mitteln, geringem Aufwand sowie mit aufeinander abgestimmten Materialpaarungen kontaktiert werden können.

**Stichwörter:** Batteriemodul, Batterie, Traktionsbatterie, Taschenzelle, Beutelzelle, Polfahne, Kontaktfahne, Verschaltung, Kontaktierung, Kupfer, Aluminium, Elektrode, elektrochemische Korrosion, elektrischer Widerstand, Materialpaarung, stoffschlüssige Verbindung, Versuchsfahrzeug

## Design and construction of a pole lug connection of pocket cells, which avoids electrochemical corrosion

**Abstract:** Corresponding to their electrode material pouch cells respectively have one copper- and one aluminium-terminal. For their contacting to permanently configured battery modules the terminals are cohesively interconnected with industrial production processes (e.g. laser welding, ultrasonic welding). Thus, the electrical contact between the different metals is assured even with series-connected cells. In case of failure, the substitution of single cells is very difficult due to the cohesive interconnections. The replacement of the cells is feasible only with high effort and even can cause the substitution of the whole module. As well the possibility of a subsequent modification of the module configuration, which may be necessary e.g. for experimental vehicles, is not given with the industrially produced modules. With the alternatively existing solutions, that are used e.g. for self-built modeules by end-users, the terminals mostly are blanked and bolted together. On the one hand this is very complex in relation tot he assembly and on the other hand with the non-adjusted metal matching it can cause electro-chemical corrosion on the base aluminium terminal. As a result of that, the electric contact resistance between the terminals increases progressively, the pouch cell can't be operated efficiently and ist endurance is decreased. As part of the research work a battery module has been developed in which the terminals can be contacted by simple resources, little effort and with adjusted material pairings.

**Keywords:** battery module, pouch, cell, tap, interconnection, contacting, copper, aluminium, electrode, electro-chemical corrosion, electric resistance, material pairing, cohesive interconnections, experimental vehicles

FRANK RUDOLPH, DANIEL GOLLER, BETTINA ALBER-LAUKANT, FRANK RIEG, LEHRSTUHL FÜR KONSTRUKTIONSLEHRE UND CAD, UNIVERSITÄT BAYREUTH

### **Virtuelle Qualitätssicherung von Simulationsergebnissen mittels Skriptsprache**

**Inhalt:** In der Finite-Elemente-Analyse beschreibt die Diskretisierung die Unterteilung von ein-, zwei- und dreidimensionalen Geometrien in kleine endliche Elemente. Die Ergebnisgüte der Simulation hängt stark von der numerischen Abbildungsgenauigkeit dieser finiten Elemente ab. Zur Steigerung der Genauigkeit wird im vorliegenden Beitrag die Verfeinerung der formbeschreibenden Elemente untersucht. Diese Verfeinerung wird zur Interpretation nach Vorgabe des Benutzers automatisiert und graphisch aufbereitet. Somit kann der Zielkonflikt zwischen Rechengeschwindigkeit (maßgeblich beeinflusst durch die Netzfeinheit) und Rechengenauigkeit möglichst optimal gelöst werden. Die Verwendung einer rudimentären Skriptsprache dient sowohl der vereinfachten Eingabe als auch der Betrachtung beliebiger einflussnehmender Parameter. Als Anwendungsfall wird eine Sandwichkonstruktion im Vierpunktbiegeversuch mit „Z88SandwichSIM“, einer benutzerorientierten Software basierend auf Z88, simuliert.

**Stichwörter:** Sandwichkonstruktion, Finite-Elemente-Analyse, Z88, Skriptsprache

### **Virtual quality assurance of simulation results using scripting language**

**Abstract:** Discretisation in Finite-Element-Analyses means the partitioning of one-, two- and threedimensional geometries in finite elements. The accuracy of the simulation result strongly depends on the numerical mapping. To increase the accuracy, this paper elaborates the refinement of these shape-describing elements. The refinement is automatized via user-definition and can be visualized for interpretation. Thus, the goal conflict between calculation time and computational accuracy (which depends on the discretisation level) can be solved in the best possible way. The usage of a rudimentary scripting language allows both the simplified input and the consideration with arbitrary influencing parameters. As an use case, a four-point bending test of a sandwich structure is simulated with 'Z88SandwichSIM', an userorientated software based on Z88.

**Keywords:** sandwich design, Finite-Element-Analysis, Z88, Scripting

KEVIN SCHMITZ, JOHANNES VAN DER BEEK, JÖRG FELDHUSEN, LEHRSTUHL UND INSTITUT FÜR ALLGEMEINE KONSTRUKTIONSTECHNIK DES MASCHINENBAUS, RWTH AACHEN

### **Modularisierung – Trendanalysen zur Verifizierung einer modularen Produktstruktur in frühen Entwicklungsphasen**

**Inhalt:** Modularisierung hat aufgrund einer Vielzahl von Vorteilen bei der Auftragsabwicklung in vielen Firmen Einzug gehalten. Hierzu zählen die Möglichkeiten, parallele Prozesse zu etablieren oder Prüfungen auf Modulebene durchzuführen und den Gesamtprüfaufwand eines Systems damit auf ein Minimum zu reduzieren. Eine oftmals höhere Anzahl an Schnittstellen, teilweise verbunden mit einer höheren Anzahl an Bauteilen, birgt das Risiko, weitere Fehlerquellen zu implementieren. Darüber hinaus sind Standardisierungsmaßnahmen auf Modulebene erforderlich. Diese sind aufgrund einer in vielen Fällen hohen Komplexität einzelner Module mit zusätzlichem Aufwand verbunden. Eine zweckmäßige Modularisierung bietet die Möglichkeit, erhebliche Kosten zu sparen und die oben genannte Auftragsabwicklung planbar zu machen. In diesem Beitrag wird eine Methodik aufgezeigt, die aus der praktischen Anwendung in diversen Industrieprojekten heraus abstrahiert, weiterentwickelt und validiert wurde. Sie dient dem Anwender als Leitfaden, um ein bestehendes Produkt im Rahmen einer Neuentwicklung in eine modulare Produktstruktur zu überführen. Hierzu wird im ersten Teil der Methodik auf Basis von Unternehmenswissen systematisch eine Grundmodulstruktur erzeugt, die im zweiten Teil optimiert wird. Diese rechnerbasierte Optimierung stützt sich dabei auf Stücklisten des Vorgängerproduktes und berücksichtigt die Nachfrage nach einzelnen Funktionsmerkmalen in einem beliebigen Zeitraum. Eine nachhaltige Moduloptimierung wird durch die Berücksichtigung von Entwicklungstrends im Absatz einzelner Funktionsmerkmale sichergestellt. Als Ergebnis der Methode steht eine modulare Produktstruktur, die neben funktional beschriebenen Modulen auch deren Varianten definiert. Um auf einer soliden Basis in der Produktplanungsphase das Rationalisierungspotential einzelner Modulvarianten abschätzen zu können, ist ein Ergebnis der Methode eine Klassifizierung der voraussichtlichen Wirtschaftlichkeit aller Varianten.

**Stichwörter:** Modularisierung, Standardisierung, Design Structure Matrix, Clusteranalyse, Produktplanungsmethodik, Variantenrationalisierung

## Modularization - trend analyses for the verification of a modular product structure in early development phases

**Abstract:** Modular systems have entered many companies due to the imposed advantages for the processing of orders. They enable the establishment of parallel processes, the performance of tests on a modular level and the minimization of the overall testing efforts. At the same time the company risks to implement new sources of error, because a modular structure increases the number of interfaces, partly related to an increased number of components. Furthermore means of standardization have to be introduced on a modular level. This leads to an extra effort, because in most cases at least some of the modules are of high complexity. Modular design is a way to reduce an enormous amount of costs and to make the aforementioned processing of orders predictable. This article introduces a methodology that was developed and validated in various industrial projects and abstracted for the application in a broader context. It serves as a guideline for practitioners to transform an existing product into a modular product structure. In the first step of the presented method, a modular structure is developed systematically based in the company's internal knowledge and further optimized in a second step. This computer-aided optimization considers the parts list of the predecessor product and at the same time the demand for these functional features into account, a sustainable optimization of modules is assured. The result of this method is a modular product structure that defines not only the functional modules but also their variants. To solidly estimate the potential of rationalization of single variants during the product development process, this method offers a classification of predicted profitability of all variants.

**Keywords:** modularisation, standardisation, methodology, design structure matrix, cluster analysis, product planning, rationalisation

TOBIAS STEFANIAK, KEVIN KUHLMANN, KARL-HEINRICH GROTE, INSTITUT FÜR MASCHINENKONSTRUKTION, OTTO-VON-GUERICKE-UNIVERSITÄT MAGDEBURG

## Abweichungsuntersuchung feingegossener Zylinder, deren Gießform mithilfe von additiv gefertigten, hohlen Ausbrennmodellen erstellt wurde

**Inhalt:** Das Vakuum-Differenzdruck-Gießen (VDDG), eine Sonderform des Feingießens, ist ein urformendes Fertigungsverfahren, welches besonders für die Fertigung von Prototypen und Kleinserien geeignet ist. Charakteristisch für dieses Gießverfahren sind die einteiligen Gießformen und die verlorenen Modelle. Aufgrund der daraus resultierenden Vorteile ist dem Konstrukteur bei diesem Verfahren ein Höchstmaß an gestalterischer Freiheit gegeben. Gerade bei geringen Stückzahlen fließen die Kosten für die Ausbrennmodelle stark in die Gesamtkosten ein. Da für die tatsächliche Formgebung der Gießform lediglich die äußere Schale des Ausbrennmodells maßgeblich ist, ist die Verwendung von Hohlkörpern zur Material und somit Kosteneinsparung möglich. Zur Überprüfung der praktischen Umsetzbarkeit wurde eine Topologieoptimierung an einem Zylinder (Höhe 60 mm, Durchmesser 60 mm) durchgeführt. Die dabei erarbeiteten Hohlzylinder werden gedruckt, gescannt, eingebettet und ausgebrannt. In die entstandene Kavität wird anschließend das flüssige Aluminium gegossen. Nach dem Abkühlen und Vereinzeln der Gussstücke werden diese ebenfalls gescannt und im Anschluss die Ergebnisse hinsichtlich der Form- und Maßabweichungen ausgewertet.

**Stichwörter:** Feingießen, Vakuum-Differenzdruck-Gießen, Hohlkörper, Form- und Maßabweichung, Additive Fertigung

## Deviation analysis of finely cast cylinders whose casting mould was created with the aid of hollow burn-out models manufactured with additives

**Abstract:** The vacuum differential pressure casting a special type of fine casting is a process using archetype moulds which is especially suitable for prototypes and small series. Characteristics for this casting process are the one piece lost moulds and the (wax) patterns. Based on the mentioned advantages a maximum of creative freedom is given to the constructing engineer. Especially for small series the costs for the pattern have a huge influence in the overall costs. Though for the actual shape of the casting mould only the outer shell of the pattern is necessary. It is a given possibility to use hollow patterns to reduce material and overall costs. To evaluate the practicability a topologic optimization of a cylinder (height 60 mm, diameter 60 mm) was performed. The hollow cylinders gained from this process were printed, scanned, embedded and burned out. Liquid aluminium is casted inside the resulting cavity.

*After the cool down process and separation of the casting parts they are scanned and evaluated regarding their shape and dimensional tolerances.*

**Keywords:** *investment casting, vacuum differential casting, hollow pattern, shape and dimensional deviation*