

HANS SEIFERT

## **Entwicklungsmethodik, systematische Bearbeitung technischer Innovationen**

*Inhalt:* Im Mittelpunkt des Aufsatzes steht eine erweiterte Fassung der Entwicklungsmethodik von Professor Rodenacker [1]. Die Begründung dazu liefert die Erfahrung, die bei der Bearbeitung von Innovationsproblemen, wie sie bei der Weiterentwicklung von technischen Problemen auftreten, gewonnen wurden.

Zunächst werden die Gedankengänge wiederholt, die zu einer verbesserten Struktur der Entwicklungsmethodik geführt haben. Die Struktur wird erklärt und die Handhabung der angepassten Methodik an einem Beispiel der Innovation demonstriert.

Zum zentralen Bestand der Rodenacker-Methode gehören die Begriffe „logisches und physikalisches Modell“ eines konkreten technischen Produktes. Beide Begriffe sind abstrakt und werden im Analyseabschnitt einer Weiterentwicklung – nur diese Art der Produktentwicklung wird näher betrachtet – durch Abstraktion vom Konkreten abgeleitet und in ihrem synthetischen Teil durch Determination ergänzt und erneuert.

Unsere Erfahrung hat gezeigt, dass mit den Begriffen logisches und physikalisches Modell getrennt zu arbeiten, aufwendig ist. Dazu kommt, dass der Begriff physikalisches Modell für den Entwicklungsingenieur nicht präzise genug definiert ist. Leichter fällt die Problembearbeitung, wenn man das physikalische Modell als einzigen dominierenden Begriff einführt und die begrifflichen Anteile der Logik als seine zusätzlichen Merkmale betrachtet.

Die eigentliche Strukturänderung der Methodik wird durch drei Wortelemente verursacht, die bei Rodenacker noch nicht auftauchen.

Diese sind:

1. Das Wort „Begriff“ und die Bedeutung seiner „Definition“ bei dem widerspruchsfreien Aufbau der Gedankengänge.
2. Der „hypothetische Schluss“, der das hypothetische Urteil von Rodenacker ersetzt und
3. Der Schlüsselbegriff „Teilidentität“, der das dominierende Merkmal des hypothetischen Schlusses ist.

Die drei Wortelemente werden erläutert. Abschließend wird die Handhabung der Methodik an einem Beispiel der Innovation durchgängig gezeigt.

## **Development methodology, systematic processing of technical innovations**

**Abstract:** The article focuses on an extended version of the development methodology of Professor Rodenacker [1]. The reason for this is the experience gained in dealing with innovation problems as they arise in the further development of technical problems.

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*First, the thought processes that have led to an improved structure of the development methodology are repeated. The structure is explained and the handling of the adapted methodology is demonstrated by using an example of innovation.*

*The terms "logical and physical model" of a concrete technical product belong to the central elements of the Rodenacker method. Both terms are abstract and are derived by abstraction from the concrete in the analysis section of a further development - only this type of product development is considered more closely - and supplemented and renewed in their synthetic part by determination.*

*Our experience has shown that working with the terms logical and physical model separately is complex. In addition, the term physical model is not defined precisely enough for the development engineer. Problem solving is made easier if the physical model is introduced as the only dominant concept and the conceptual parts of logic are regarded as its additional features.*

*The actual structural change of the methodology is caused by three word elements that do not yet appear at Rodenacker.*

*These are:*

- 1. The word "term" and the meaning of its "definition" in the consistent construction of thought processes.*
- 2. The "hypothetical conclusion", which replaces the hypothetical judgment of Rodenacker, and*
- 3. The key term "partial identity", which is the dominant feature of the hypothetical conclusion.*

*The three word elements are explained. Finally, the use of the methodology is consistently shown in an example of innovation.*

JÖRG FELDHUSEN, INGO SCHULZ

### **Eine ganzheitliche Konstruktionsmethodik durch Vereinigung der Systemtheorie und der Dialektik**

***Inhalt:** Die Situation der Produktentwicklung ist gekennzeichnet durch zahlreiche Methodiken, die eine schnelle, kosteneffiziente Vorgehensweise ermöglichen sollen. Häufig konkurrieren diese Methodiken miteinander, statt sich zu ergänzen. Am IKT wurde daher auf der Grundlage von allgemeinen Technikphilosophien ein generisches Rahmenmodell entwickelt, das die Abbildung einer Metamethodik der Produktentwicklung ermöglicht. Damit wird erstmals die Integration verschiedener, bislang konkurrierender Methodiken erreicht, sodass flexibel für jede Problemsituation die bestgeeignete Methodik für die Produktentwicklung ausgewählt werden kann.*

### **A holistic construction methodology by combining system theory and dialectics**

***Abstract:** The situation of product development is characterized by numerous methodologies, which should enable a fast, cost-efficient approach. These methods often compete with each other instead of complementing each other. Therefore, a generic framework model was developed at ICT based on general technical philosophies, which enables the mapping of a metamethodology of product*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*development. Thus, for the first time, the integration of different, so far competing methodologies is achieved, so that the most suitable methodology for product development can be flexibly selected for each problem situation.*

RALPH STELZER, WOLFGANG STEGER

### **Prozessintegration eines integrierten CAD – VR – Arbeitsplatzes**

***Inhalt:** Die Beschriebene Lösung zeigt, dass die Grundlage eines effizienten VR-Einsatzes ein konsistenter Datenbestand ist, der gleichermaßen für CAD- und VR-System genutzt werden muss. Auf dieser Grundlage lassen sich notwendige Arbeitsschritte bei der Produktentwicklung der CAD- bzw. der VR-Komponente zuordnen. Letztlich kann über eine geeignete Interaktionsschnittstelle zwischen beiden Systemen die*

- *Geometrie- und Strukturdefinition im CAD mit den*
- *DMU-Funktionen zur Bewertung im VR*

*in einen sehr effizienten iterativen Arbeitsablauf zusammengeführt werden.*

*Die gesamte Lösung ist derzeit bei einem namhaften Maschinenbauunternehmen im Einsatz und wird vorrangig im Review-Prozess von Hauptbaugruppen und Komplettmaschinen eingesetzt.*

### **Process integration of an integrated CAD - VR - workplace**

***Abstract:** The described solution shows that the basis of an efficient VR application is a consistent database, which must be used equally for CAD and VR systems. On this basis, necessary steps in product development can be assigned to the CAD or VR component. In the end, by using a suitable interaction interface between both systems the*

- *geometry and structure definition in CAD and the*
- *DMU functions for valuation in VR*

*can be combined into a very efficient iterative workflow.*

*The entire solution is currently in use at a well-known mechanical engineering company and is primarily used in the review process of main assemblies and complete machines.*

SIEGFRIED JENDE

### **Optimierung der Produktentwicklung, hier am Beispiel von Kaltumformteilen**

***Inhalt:** Die Produktentwicklung in der Kaltumformung ist auf die frühzeitige Zusammenarbeit mit dem Kunden angewiesen. Die Komplexität der Umformvorgänge bedingt zudem den Einsatz von IT-Werkzeugen zur Simulation von Umformverhalten, Lebensdauer und zur Gestaltung der Werkzeuge.*

### **Optimization of product development, by using cold formed parts as an example**

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

**Abstract:** *The product development in the cold forging is dependant on early co-operation with the customer. The complexity of the forging process causes besides the use from IT-tools to the simulation of transforming characteristics, life span and for the construction of the tools.*

TIBOR BERCSEY, TAMAS RICK

### **Heuristische Methoden für Ressourcengerechte Konstruktionsprozessplanung und Optimierung**

**Inhalt:** *Der Artikel stellt die Methode der Konstruktionsplanungsprozesse geeignet für die Optimierung der Reihenfolge auf Produktstrukturbasis und die heuristische Planung der Ressourcen vor. Als Grundlage der Reihenfolgenplanung und Modellierung wird die Design Structure Matrix benutzt, und für die Reihenfolgenplanung werden genetische Algorithmen angewandt. Die heuristische Ressourcenplanung wird durch verschiedene Heuristiken gelöst. Die ausgearbeiteten Verfahren können effektiv für die reihenfolgen- und ressourcengerechte Planung der der Planungsprozesse verwendet werden.*

### **Heuristic methods for resource-oriented design process planning and optimization**

**Abstract:** *The paper presents the heuristic planning of resources and the method applicable for product structure based sequence optimization. The Design Structure Matrix was used as the basis of sequence planning and modelling, and genetic algorithms were applied for sequence optimization. Heuristic resource planning is solved with different heuristics. The methods worked out can be used efficiently in the sequence and resource optimization of design processes.*

ENRICO KLOß, KLAUS BRÖKEL

### **Strukturmechanische Untersuchungen zum Druckverhalten von Druckübertragungsmedien in geschlossenen Stahlhülsen**

**Inhalt:** *Die im vorliegenden Beitrag behandelten technischen Gebilde sind rotationssymmetrische, luftdicht abgeschlossene Stahlhülsen. Im eingeschlossenen Hohlraum befindet sich ein geeigneter Werkstoff, der eine beliebig aufgebrachtten Druck hydrostatisch überträgt.*

*Gegenstand der Betrachtung ist die systematische Untersuchung der zahlreichen äußeren und inneren Einflüsse, welche verschiedene Auswirkungen auf das Druckverhalten des Druckübertragungsmediums haben. Dazu gehört die Art und Weise der Kraftaufbringung, genauso wie die Wahl des Druckmediums, welches aufgrund der Hydrostatik entweder ein Fluid oder ein Elastomer sein wird. Das Ziel des Entwicklungsprozesses ist es mit minimalem konstruktivem Aufwand eine gute und dauerhafte radiale Druckübertragung über die gesamte Stahlhülse zu realisieren. Die Auswertung der Ergebnisse für die Druckausbreitung in geschlossenen Stahlhülsen wird sowohl durch Simulation, als auch durch Experimente unterstützt.*

## **Structural mechanical investigations on the pressure behaviour of pressure transfer mediums in closed steel sleeves**

**Abstract:** *This article deals with axisymmetric, airproof expansion sleeves made of steel. The void of those sleeves is filled with a proper material for transmitting pressure hydrostatically.*

*Main target is the methodical analysis of the countless external and internal influences, which cause different effects on the compression material's behavior under pressure, including the methods how to set the filling material under pressure, as well as the choice of the compression material itself. This material is either a fluid or an elastomer, according to the hydrostatic pressure transmission. The development process shall lead to a good and permanent radial pressure distribution combined with a minimum of efforts on the design. The evaluation of the pressure transmission's results is provided by simulation as well as experiments.*

RAMONA TRÄGER, NORMEN SCHWARZ, MICHAEL BEYER, KARL-H. GROTE, FRANK ENGELMANN

## **Bedeutung der Werkstoffwahl für die Konstruktion von explosionsgeschützten mechanischen Geräten**

**Inhalt:** *In explosionsgefährdeten Bereichen der chemischen und petrochemischen Industrie eingesetzte mechanische (nicht-elektrische) Geräte der Gerätegruppe II besitzen ein hohes Anforderungsprofil. Ein Aspekt dieses Profils ist die Werkstoffwahl. Einzelne Werkstoffe sind in speziellen explosionsgefährdeten Bereichen nicht einzusetzen. Auch Werkstoffpaarungen sind bestimmte Einsatzgrenzen auferlegt. Unter bestimmten Umständen gehen von Werkstoffpaarungen potenzielle Explosionsgefahren aus.*

*In der Konstruktion von explosionsgeschützten mechanischen Geräten sind viele Anforderungen mit den Merkmalen der Funktion, des Wirkprinzips, der Auslegung, der Sicherheit (primär), der Fertigung, der Kontrolle, der Montage, des Transportes, des Gebrauchs, der Instandhaltung sowie der Kosten und des Termins problemorientiert zu behandeln. Dabei ist es für eine methodisch-systematische Arbeitsweise zweckmäßig, mit Hilfsmitteln zu arbeiten. In diesem Beitrag sollen die gesammelten Erkenntnisse zu dem Einsatz von Werkstoffen in einer kurzen Form aus vergangener und aktueller Forschung sowie der Praxis und gesetzlichen Regelungen vorgestellt werden. Im Resümee wird ein Hilfsmittel in Form eines offenen Anforderungsprofils an Werkstoffe der Geräte (Bauteile) für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen als Checkliste für die Werkstoffwahl vorgestellt, die es gestattet, die Lösungsmöglichkeiten schneller und besser zu finden. Anhand eines Beispiels erfolgt die Erläuterung.*

## **Importance of the choice of materials for the design of explosion-protected mechanical devices**

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

**Abstract:** *Mechanical (non-electrical) devices of equipment group II used in potentially explosive areas of the chemical and petrochemical industry have a high requirement profile. One aspect of this profile is the choice of material. Individual materials should not be used in special potentially explosive atmospheres. Material pairings are also subject to certain application limits. Under certain circumstances, material pairings can pose potential explosion hazards.*

*In the design of explosion-protected mechanical devices, many requirements with the characteristics of function, operating principle, design, safety (primary), manufacturing, inspection, assembly, transport, use, maintenance as well as costs and deadlines must be dealt with in a problem-oriented manner. It is advisable to work with tools for a methodical and systematic way of working. In this article, the collected findings on the use of materials will be presented in a short form from past and current research as well as from practice and legal regulations. In summary, an aid in the form of an open requirement profile for materials of the devices (components) for use in potentially explosive atmospheres is presented as a checklist for the choice of materials, which makes it possible to find possible solutions faster and better. The explanation is explained based on an example.*

MARTIN WÄLDELE, ARMIN FÜGENSCHUH, HERBERT BIRKHOFFER, ALEXANDER MARTIN

### **Algorithmenbasierte Produktentwicklung für integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung**

*Inhalt: Der Produktentwicklungsprozess ist geprägt durch das Erfahrungswissen und die Intuition des Entwicklers selbst. Eine durchgängige Rechnerunterstützung des Konstrukteurs ist besonders in der frühen Phase des Konstruktionsprozesses nur in einigen elementaren Arbeitsschritten etabliert [1]. Unser algorithmenbasierter Ansatz geht von einer verbalen Aufgabenstellung aus Kundensicht aus. Schrittweise wird diese üblicherweise unscharfe und unvollständig formulierte Entwicklungsaufgabe soweit konkretisiert und in Produkteigenschaften transformiert, dass letztlich die optimale Topologie mit mathematischen Optimierungsverfahren ermittelt werden kann. Dieses Vorgehen führt auf schwer zu lösende mathematische Probleme, die eine Herausforderung für die Forschung darstellen. Demonstriert wird dieser Ansatz an Hand einer Entwicklungsaufgabe, bei der eine Bauteiltopologie gesucht ist, die aus mehreren zusammenhängenden Kanälen besteht. Die Kanäle sind durch ihre jeweiligen Querschnittsflächen definiert und müssen so zueinander angeordnet werden, dass sie eine Reihe von geforderten äußeren Eigenschaften optimal erfüllen.*

### **Algorithm-based product development for integral sheet metal designs of higher branching order**

**Abstract:** *The product development process is characterized by the experience knowledge and intuition of the developer himself. A continuous computer support of the designer is only established in a few elementary steps, especially in the early phase of the design process [1]. Our algorithm-based approach assumes a verbal task from the customer's point of view. Step by step, this usually fuzzy and incompletely formulated development task is concretized and transformed into product properties to such an extent that ultimately the optimal topology can be determined with mathematical optimization*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*methods. This procedure leads to mathematical problems that are difficult to solve and represent a challenge for research. This approach is demonstrated by means of a development task in which a component topology consisting of several interconnected channels is sought. The channels are defined by their respective cross-sectional areas and must be arranged in such a way that they optimally fulfil a number of required external properties.*

HENRIK SCHEGAS

### **Auslegungsmodell für komplexe Versagenskriterien im klassischen Entwicklungs- und Konstruktionsprozess**

***Inhalt:** Traditionell werden im klassischen Entwicklungs- und Konstruktionsprozess technischer Produkte nur die Versagensarten Verformung, Gewaltbruch und mit einer gewissen Einschränkung die Ermüdung bei der Auslegung bzw. Nachweisrechnung berücksichtigt. Versagensarten wie Verschleiß oder Korrosion werden hingegen lediglich im Rahmen der Gestaltung konstruktiv betrachtet, was dazu führt, dass die meisten verschleiß- und korrosionsbedingten Ausfälle erst während der Nutzungsphase erkannt, analysiert und dann in den folgenden Produktentwicklungen bei der Gestaltung berücksichtigt werden. Lediglich im Rohrleitungsbau existieren Korrosions- bzw. Verschleißzuschläge, die zur Vermeidung von Schäden auf die traditionell ermittelten Wandstärken aufgeschlagen werden. Im vorliegenden Beitrag wird eine Methode vorgestellt, mit der neben dem Gewalt- und Ermüdungsbruch auch Verschleißerscheinungen bereits im herkömmlichen Auslegungsalgorithmus rechnerisch berücksichtigt werden können. Zur Anwendungen kommen dabei Erkenntnisse der Tribologie und der Zuverlässigkeitstheorie.*

### **Design model for complex failure criteria in the classical development and design process**

***Abstract:** Traditionally, in the classical development and design process of technical products, only the failure modes deformation, forced rupture and, with a certain limitation, fatigue are taken into account in the design and verification calculation. Types of failure such as wear or corrosion, on the other hand, are only considered constructively during the design phase, which means that most wear- and corrosion-related failures are only detected during the utilisation phase, analysed and then taken into account in the subsequent product developments during the design phase. In pipeline construction there are only corrosion and wear surcharges which are added to the traditionally determined wall thicknesses in order to avoid damage. This paper presents a method with which, in addition to violent and fatigue fractures, wear phenomena can already be taken into account mathematically in conventional design algorithms. The results of tribology and reliability theory are applied.*

RALF BREINING, SEBASTIAN GRIMM, GERNOT GOEBELS

### **Simulation und Visualisierung von flexiblen Teilen**

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

**Inhalt:** Eine hochgenaue, physikalisch korrekte numerische Simulation von flexiblen Kabeln und Schläuchen mit kreisförmigem Querschnitt wurde für interaktive Echtzeitanwendungen erreicht. Eine uneinheitliche Materialzusammensetzung wird unterstützt, einschließlich mehradriger, abgeschirmter oder isolierter Kabel, geflochtener oder mehrschichtiger Schläuche. Es werden beliebige Verbindungen von Kabeln untereinander und mit starrer Geometrie vorgesehen. Kollisionserkennung und Kontaktsimulation ermöglichen es uns, das komplexe nichtlineare Verhalten von Kabeln/Schläuchen in Kontakt mit beliebig geformten starren Geometrien zu reproduzieren. Dadurch können Kabelbäume mit mehreren Abzweigungen in einer starren Umgebung modelliert und in Echtzeit getestet werden, was digitale Mock-ups und ein verbessertes Produktdesign ermöglicht.

Die Berücksichtigung physikalischer Kabeleigenschaften in der digitalen Entwurfsphase eines Produkts hilft, Konstruktionsprobleme zu erkennen, die beispielsweise durch kleine Biegeradien verursacht werden, und hilft, Produktionsanforderungen wie Kabellängen und die jeweils zulässigen Toleranzen zu ermitteln. fleXengine ist die einzige Lösung für die Simulation von Kabeln und Schläuchen, die hohe Präzision mit interaktiven Aktualisierungsraten auf Standard-PCs kombiniert.

### Simulation and Visualisation of flexible Parts

**Abstract:** A highly accurate, physically correct numerical simulation of flexible cables and hoses with circular cross-section has been achieved for real-time interactive applications. Non-uniform material composition is supported including multi-core, shielded or isolated cables, braided or multi-layered hoses. Arbitrary connections of cables among each other and with rigid geometry are provided. Collision detection and contact simulation enable us to reproduce complex nonlinear behavior of cables/hoses in contact with arbitrary shaped rigid geometry. As a result, wiring harnesses with multiple branches can be modeled in a rigid environment and tested in real-time, allowing for digital mock-ups and enhanced product design.

To consider physical cable properties in the digital design phase of a product helps to detect design problems, such as those caused by small bending radii. It also helps to determine production requirements, such as cable lengths and the respective allowed tolerances. This analysis significantly reduces the costs for physical mock-ups. fleXengine is the only solution for the simulation of cables and hoses combining high precision with interactive update rates on commodity PCs.

REINER ANDERL, ZHENYU WU, THOMAS ROLLMANN

### Eine integrierte Prozesskette in integralen Blechbauweisen

**Inhalt:** Im SFB 666 (Sonderforschungsbereich 666 „integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung“) wird eine durchgängige Prozesskette ab der frühen Phase der Produktentwicklung bis zur Fertigung in integralen Blechbauweisen angestrebt. Der vorliegende Beitrag präsentiert die Forschungsaktivität und bisherigen Ergebnisse in der Produktinformationsintegration in SFB 666. Dazu wird zuerst die zu integrierende Prozesskette „virtuelle Produktentstehung“ für integrale Blechbauprodukte kurz vorgestellt und dann der Informationsfluß und die Schnittstellen der Prozesskette analysiert. Anschließend wird dann der Integrationsansatz über ein Informationsmodell



## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*dargestellt und die Nutzung des Informationsmodells in einer prototypischen Implementierung aufgezeigt. Zum Ende werden kurz ein Ausblick auf weitere Entwicklung und eine Zusammenfassung gegeben.*

### **An integrated process chain in integral sheet metal constructions**

**Abstract:** *In SFB 666 (Sonderforschungsbereich 666 "integrale Blechbauweisen höherer Verzweigungsordnung"), a continuous process chain from the early phase of product development to production in integral sheet metal designs is aimed. The present paper describes the research activity and previous results in product information integration in SFB 666. First, the process chain "virtual product development" for integral sheet metal products to be integrated is briefly presented and then the information flow and the interfaces of the process chain are analyzed. Afterwards, the integration approach is presented using an information model and the use of the information model is shown in a prototypical implementation. At the end a short outlook on further development and a summary are given.*

MICHAEL ABRAMOVICI, VALENTIN MEIMANN

### **Ein Ansatz zur Erhöhung der Stabilität der CAD-Modelle für die Verbesserung der Modell-Wiederverwendung in der Virtuellen Produktentwicklung**

**Inhalt:** *Aus der wirtschaftlichen Sicht ermöglicht die durch methodische Modellierung verbesserte Modell-Wiederverwendung deutliche Zeitersparnisse in der Produktentwicklung bei gleichzeitig gesteigerter Modellqualität. Demzufolge amortisiert sich der in den methodischen Modellaufbau investierte zeitliche Aufwand schon nach zwei relativ komplexen Änderungen.*

*Die Tatsache, dass der allgemeine Methodeneinsatz nur vereinzelt zum signifikanten Erfolg in Unternehmen führt, erklärt sich durch die eingebürgerte Top-Down Konstruktionsvorgehensweise in der Praxis. Demnach werden CAD-Modelle der Einzelteile ausgehend von Baugruppenkonstruktionen erstellt. Es existieren also in der frühen Phase der Produktentwicklung noch keine analysegeeigneten Modelle, sie „wachsen“ vielmehr mit dem Konstruktionsstand des Produktes und sind in der Regel im CAD-System nicht optimal aufgebaut. Werden jedoch die bestehenden Modelle für weitere Änderungs- und Anpassungskonstruktionen verwendet, werden die Vorteile der methodischen Nachmodellierung aus terminlichen Gründen ignoriert.*

*Die konsequente Nutzung der Modellierungsmethoden in der Entwicklung bedarf also organisatorischer Unterstützung und transparenter Regeln, die den Nutzen des Methodeneinsatzes für alle Beteiligten nachvollziehbar machen.*

*Unter diesen Voraussetzungen kann die methodische Modellierung entscheidend zu kürzeren Produktentwicklungszeiten beitragen.*

### **An approach to increasing the stability of CAD models for improving model reuse in virtual product development**

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

**Abstract:** *From an economic point of view, the improved model reuse through methodical modelling enables significant time savings in product development while at the same time improving the quality of the model. As a result, the time invested in the methodical model design amortizes after only two relatively complex changes.*

*The fact that the general use of methods leads only occasionally to significant success in companies is explained by the naturalized top-down design approach in practice. Accordingly, CAD models of the individual parts are created starting from assembly designs. Thus, in the early phase of product development there are no models suitable for analysis, they "grow" rather with the design status of the product and are usually not optimally constructed in the CAD system. However, if the existing models are used for further modification and adaptation designs, the advantages of methodical post-modeling are ignored for scheduling reasons.*

*Therefore, the consistent use of modeling methods in development requires organizational support and transparent rules that make the use of the methods comprehensible for all participants.*

*Under these conditions, methodical modelling can make a decisive contribution to shorter product development times.*

TILL BABBICK, BERN SAUER

### **Analytische und experimentelle Verifikationsmethoden anhand eines Wälzlagerkäfig-Simulationsmodells**

**Inhalt:** *Die Dynamik-Simulation auf Basis der Mehrkörpersysteme hat in den vergangenen drei Jahrzehnten zu großen Fortschritten bezüglich des Verständnisses von Wälzlagern geführt. Mit dieser Technologie lassen sich Wechselwirkungen und Phänomene im Inneren der Lager nachvollziehen und verstehen, die mit experimentellen Ansätzen nur schwer zu erfassen sind.*

*Am Lehrstuhl für Maschinenelemente und Getriebetechnik der TU Kaiserslautern wurde ein Simulationsmodell eines Rillenkugellagers (6212) in der kommerziellen Mehrkörpersimulationsumgebung ADAMS aufgebaut. Durch die dynamische Simulation dieses Lagers unter 3-dimensionalen Betriebsbedingungen, wie z.B. kombinierte Belastungen und Schiefstellungen, werden das dynamische Bewegungsverhalten des Käfigs und Wechselwirkungen zwischen Kugel und Käfigtasche untersucht. Des Weiteren werden die Wälzlagerkäfig-Simulationsmodelle dahingehend untersucht, dass Betriebsbedingungen gewählt werden, die eine Einsatzgrenze für den Lagerkäfig darstellen.*

*Um aussagefähige Simulationsergebnisse zu erhalten, ist es notwendig, diese zu verifizieren. Hierfür wurde ein Prüfstand entwickelt, mit dem das dynamische Bewegungsverhalten des Käfigs messtechnisch erfasst werden kann. Mit der Prüfeinrichtung werden unterschiedliche Parameter wie die Drehzahl der Welle, axiale und radiale Kräfteinwirkungen, die Temperatur im Schmiermittelsumpf und die Drehzahl des Wälzlagerkäfigs messtechnisch ermittelt.*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*Der vorliegende Artikel beschreibt den Aufbau des Käfigsimulationsmodells und des Käfigdynamikprüfstandes, mit dem unter anderem die experimentelle Erfassung der Käfigorbitalbewegung eines modifizierten massiven Lagerkäfigs für Rillenkugellager (6212) ermöglicht wird. Folgend wird eine analytische und experimentelle Verifikation des Käfigsimulationsmodells vorgestellt.*

### **Analytical and experimental verification methods based on a rolling bearing cage simulation model**

**Abstract:** *Dynamic simulation on the basis of multi-body systems has led to major progress in the understanding of rolling bearings over the past three decades. With this technology, it is possible to comprehend and understand interactions and phenomena inside the bearings that are difficult to comprehend with experimental approaches.*

*A simulation model of a deep groove ball bearing (6212) in the commercial multi-body simulation environment ADAMS was developed at the Chair of Machine Elements and Transmission Technology at the TU Kaiserslautern. E.g. the dynamic simulation of this bearing under 3-dimensional operating conditions investigates combined loads and misalignments, the dynamic motion behavior of the cage and interactions between ball and cage pocket. Furthermore, the rolling bearing-cage-simulation-models will be investigated in order to select operating conditions that represent a limit for the use of the bearing cage.*

*In order to obtain meaningful simulation results, it is necessary to verify them. For this purpose, a test bench was developed with which the dynamic motion behavior of the cage can be measured. The test equipment is used to measure various parameters such as the speed of the shaft, axial and radial forces, the temperature in the sump of the lubricant and the speed of the rolling bearing cage.*

*This article describes the structure of the cage simulation model and the cage-dynamic-test-stand, which, among other things, enables the experimental acquisition of the cage-orbital-movement of a modified massive bearing cage for deep groove ball bearings (6212). An analytical and experimental verification of the cage simulation model is presented below.*

STANLEY BAKSI, KARL-HEINZ MAGDEBURG

### **Erkennung von Knochenschnitten unter Verwendung von zweischichtigen logarithmischen künstlichen neuronalen Netzwerken**

**Inhalt:** *Knochen eines bestimmten Bereichs weisen in der Regel ähnliche Formen und Merkmale auf. Diese Ähnlichkeit geht bis auf die Ebene der inneren Schichten und der Mikrostruktur der Knochen zurück. Das vorliegende Paper untersucht die Methoden, die verwendet werden können, um diese Ähnlichkeit auszunutzen und ein System zu entwickeln, das die Art und den Teil des dargestellten Knochens erkennen kann.*

*Künstliche neuronale Netze wurden in großem Umfang für die optische Zeichenerkennung eingesetzt. Das gleiche Konzept wird übertragen, um beispielsweise verschiedene Teile des Femurs zu erkennen.*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*Es werden verschiedene Scheiben aus verschiedenen Positionen der Extremitäten und des Schaftes entnommen. Diese Schnitte können alle Merkmale eines bestimmten Teils darstellen oder auch nicht und sind die nicht idealen Vektoren, die den Knochen darstellen. Dreißig solcher Scheiben für jedes Teil sind aus einem Pool von fünf verschiedenen Oberschenkeln des rechten Beins von erwachsenen Männern ausgewählt.*

*Das künstliche neuronale Netzwerk, das konstruiert wurde, um den dargestellten Knochen zu erkennen, ist ein zweischichtiges, zehn Neuronennetzwerk. Das Netzwerk wird zunächst auf die idealen Vektoren trainiert. Es wird auf die Rauschfälle trainiert und ein Fehlerdiagramm gegen Epochen erstellt. Nachdem das Netzwerk erneut an den Idealfällen trainiert wurde, wird es durch das Vorliegen von Zufallsfällen der unteren Extremität, der oberen Extremität und des Schaftes getestet. Es zeigt sich, dass das Netzwerk alle drei Fälle erfolgreich erkennen kann. Die Kombination solcher Schablonen mit Techniken zum Abgleich von Schablonen würde eine einfache und automatische Lösung für das Problem der automatischen Oberflächenbehandlung von Knochenstrukturen ermöglichen.*

### **Bone slice recognition using two layer logsigmoid Artificial Neural Networks**

**Abstract:** *Bones of a particular area usually exhibit similar shape and features. This similarity percolates down to the level of internal slices and microstructure of the bones. The present paper explores the methods that can be used to exploit this similarity and develop a system that can recognize the type and part of the bone presented.*

*Artificial Neural Networks have been extensively used for optical character recognition. The same concept is transplanted to recognize different parts of the Femur, as an example. Different slices from various positions of the extremities and the shank are taken. These slices may or may not represent all the features of a particular part and are the non ideal vectors representing the bone. Thirty such slices for each part is selected from a pool of five different femurs of the right leg of adult males.*

*The Artificial Neural Network constructed to recognize the bone represented is a two layer, ten neuron networks. The network is first trained on the ideal vectors. It is trained on the noise cases and an error graph against epochs is plotted. After training the network again on the ideal cases, it is tested by presenting random case of the lower extremity, the upper extremity and the shank. It is seen that the network can successfully recognize all three cases. The combination of such templates with template matching techniques would provide for an easy and automatic solution to the problem of automatic surfacing of bone structures.*

STEFFEN SCHREIBER, CHRISTINE SCHÖNE, ASMUS FIGGE

### **Digitale Prozesskette zur Erstellung individueller Implantate**

**Inhalt:** *Endoprothesen werden in der chirurgischen Praxis heute in einem standardisierten operativen Verfahren angewendet. Individuell angepasste Endoprothesen sind aus der Literatur bekannt. Diese werden auf der Basis von Stereolithografiemodellen händisch angepasst.*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*Die Vorteile liegen in der formschlüssig angepassten Kontur begründet. Für die Individualisierung sind die konkreten patientenbezogenen Daten im lokalen Umfeld der avisierten Endoprothese von Interesse. Anhand von Kiefergelenkendoprothesen wurde dieser Ablauf virtuell erprobt und qualifiziert. Eine Softwarelösung, die eine parametrisierte Endoprothesenpaarung patientenspezifisch generieren kann, unterstützt diesen Prozess.*

### **Digital process chain for the production of individual implants**

**Abstract:** *In surgical practice, endoprostheses are used in a standardised operation technique today. Individually modified endoprostheses are known from literature. Endoprostheses of this kind are manually fitted based on stereolithography models.*

*The advantages are founded by their contour being adapted in a positive fit. For individualisation, the precise patient-related data nearby the announced endoprosthesis are of interest. This process was virtually tested and qualified by means of jaw joint endoprostheses. It is supported by a software solution able to generate a parameterized endoprostheses' matching specifically to each patient.*

ROBERT WATTY, HANSGEORG BINZ

### **Methodische Unterstützung der Systemintegration bei der Entwicklung von Mikrosystemen**

**Inhalt:** *Aus vielen Bereichen des Alltags sind Produkte der Mikrosystemtechnik heute nicht mehr wegzudenken. Durch Mikrosysteme kann ein Mehrwert für konventionelle Systeme erreicht werden, und die Miniaturisierung spart z. B. Platz, Energie und Gewicht. Die starke Verkleinerung ist zugleich eine besondere Herausforderung bei der interdisziplinären Entwicklung von Mikrosystemen, denn sie erfordert eine sorgfältige Integration, um unerwünschte Einflüsse und Wechselwirkungen zu vermeiden und die Systemfunktion zu gewährleisten. Dieser Beitrag beschreibt eine Methodik und Methoden, die den Entwickler bei dieser Aufgabe unterstützen.*

### **Methodical support of system integration in the development of microsystems**

**Abstract:** *Microsystems technology products have become indispensable in many areas of everyday life. Microsystems can provide benefit for conventional systems, and miniaturization saves space, energy and weight, for example. At the same time, miniaturization is a particular challenge in the interdisciplinary development of microsystems, as it requires careful integration to avoid undesired influences and interactions and to ensure system function. This paper describes a methodology and methods that support the developer in this task.*

ALBERT ALBERS, THOMAS ALINK, JOCHEN OERDING

### **Unterstützung der kreativen Phasen im Produktentwicklungsprozess mit dem Elementmodell C&CM**

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

***Inhalt:** Mit dem Elementmodell C&CM steht dem Entwickler ein flexibles Werkzeug zur Verfügung, welches unter Berücksichtigung des Faktors Mensch die kreativen Phasen der Produktentwicklung unterstützt. Die Anwendung des Elementmodells unterstützt die Erstellung und Speicherung eines Systemverständnisses, bringt Ingenieure dazu über das zu lösende Problem in einer systematischen Art und Weise nachzudenken und Zusammenhänge zu ergründen. Kreatives, unstrukturiertes Vorgehen, des für die Lösungsbegründung und -Findung aber unerlässliches ist, wird bewusst zugelassen; die Ergebnisse des unstrukturierten Vorgehens werden systematisch gespeichert und liegen im Ergebnis als zusammengefasstes Systemmodell vor, das „weiches“, funktionales Wissen mit direkter Referenz zur Gestalt des Produktes umfassend darstellt.*

### **Support of the creative phases in the product development process with the element model C&CM**

***Abstract:** The C&CM element model provides developers with a flexible tool that supports the creative phases of product development while considering the human factor. The application of the element model supports the creation and storage of a system understanding, makes engineers think about the problem to be solved in a systematic way and explore connections. Creative, unstructured procedures, which are indispensable for the solution justification and finding, are consciously allowed; the results of the unstructured procedure are systematically stored and are available as a summarized system model, which comprehensively represents "soft", functional knowledge with direct reference to the shape of the product.*

MICHAEL CURSCHMANN, ERHARD LEIDICH, WERNER GRAHL

### **Teilemanagement: Bedarf der Industrie – Anforderungen an die studentische Ausbildung**

***Inhalt:** Der Markt fordert eine immer größere Vielfalt an Produktvarianten. Mit Ausnahmen von Baukastenkonstruktionen erhöht ein Ansteigen der Variantenvielfalt das Komponentenspektrum und damit die Anzahl an zu verwaltenden Bauteilen. Ein konsequentes Management der in Produkten eingesetzten und einzusetzenden Bauteile ist somit für die Unternehmen strategisch notwendig, um insgesamt die Herstellkosten für die Produkte zu senken, d.h. um einerseits die Anzahl vorhandener Bauteile zu reduzieren und andererseits die Anzahl neu entstehender Bauteile zu begrenzen. Der Vortrag gibt einen Überblick über die aktuelle Situation in vielen Unternehmen und zeigt beispielhaft Lösungsstrategien auf. Weiterhin werden die Anforderungen bestimmt, die sich aus der vorgestellten Praxissituation für die Ingenieurausbildung ergeben und ein Lösungsansatz für die Lehre vorgestellt.*

### **Parts management: industrial needs - requirements for student training**

***Abstract:** The market demands an ever-increasing variety of product variants. With the exception of modular constructions, an increase in the number of variants increases the range of components and thus the number of components to be managed. A consistent management of the components used and to be used in products is therefore strategically necessary for the companies in order to reduce the*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*overall manufacturing costs for the products, i.e. on the one hand to reduce the number of existing components and on the other hand, to limit the number of newly created components. The presentation gives an overview of the current situation in many companies and shows exemplary solution strategies. Furthermore, the requirements resulting from the presented practical situation for engineering education will be determined and a solution approach for teaching will be presented.*

JÖRG FELDHUSEN, ERWIN NURCAHYA

### **Ableitung einer Produktvariante aus einer Referenzvariante**

***Inhalt:** Das Ziel von Variantenmanagement ist einerseits den Kunden so viele Produktvarianten wie möglich anzubieten, andererseits aber die interne Variante des Unternehmens so klein wie möglich zu halten. Die vermeidbare Erzeugung eines neuen Bauteils oder einer neuen Baugruppe muss in einem standardisierten Variantenentstehungsprozess gesteuert werden. Um die Nachhaltigkeit der Produktdaten zu gewährleisten, müssen die neuen Produktdaten in ein existierendes Produktdatenmodell integriert werden, das die Erstellung einer neuen Produktvariante unterstützt. Dieser Beitrag beschreibt die Verwaltung von Produktdaten mit Hilfe einer Referenzvariante und seiner Referenzproduktstruktur, die als Speicherplattform für Bauteile und Baugruppe innerhalb einer bestimmten Produktfamilie dienen können. Die an den Kunden gelieferte Produktvariante ist eine Ableitung der Referenzvariante. Der Konstrukteur wird dabei unterstützt und ermutigt, das Produkt eher zu konfigurieren, anstatt es neu zu konstruieren.*

### **Derivation of a product variant from a reference variant**

***Abstract:** The goal of variant management is to offer customers as many product variants as possible while keeping the internal variant of the company as small as possible. The avoidable creation of a new component or assembly has to be controlled in a standardized variant creation process. To ensure the sustainability of the product data, the new product data has to be integrated into an existing product data model that supports the creation of a new product variant. This paper describes the management of product data using a reference variant and its reference product structure, which can serve as a storage platform for components and assemblies within a specific product family. The product variant delivered to the customer is a derivation of the reference variant. The designer is supported and encouraged to configure the product rather than redesign it.*

DANIEL SOHN, KARL-HEINZ GROTE, FRANK ENGELMANN

### **Optimierungspotenzial von RP gefertigten Urmodellen**

***Inhalt:** Der zunehmende Konkurrenzdruck an den internationalen Märkten verkürzt die Produktlebenszyklen enorm. Hinzu kommt die Ressourcenknappheit, der viele Firmen unterliegen. Deshalb müssen neue Wege gefunden werden, die Produktentwicklungszeiten und die Kosten zu minimieren und die Qualität der Produkte zu maximieren. Einen Beitrag hierzu kann die richtige Anwendung der Rapid Prototyping (RP) Technologien zur Herstellung von nahezu marktreifen*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

Produkten sein. Mit Hilfe dieser Funktionsmodelle können verschiedenste Fehlerquellen des späteren Serienprodukts frühzeitig erkannt und ausgeräumt werden.

In diesem Beitrag wird auf die Nachbearbeitung eines Urmodells als Vorbereitung für das Vakuumgießen eingegangen, wobei das Urmodell mit dem RP-Verfahren PolyJet™ (Objet Eden330) gefertigt wird. Rapid Prototyping Modelle weisen ganz spezifische Merkmale auf, die bei dem späteren Produkt unerwünscht sind, aber durch den Abformvorgang übertragen werden. So ist zum Beispiel der Treppenstufeneffekt in Aufbaurichtung auf dem Modell vorhanden und wird durch die Silikonform auf das Endmodell abgebildet. Daher ist es sinnvoll, schon das Urmodell so gut wie möglich zu fertigen und auch nach der Fertigung zu bearbeiten. Dadurch verringert sich der Nachbearbeitungsaufwand des Modells nach dem Gießprozess erheblich. Dazu können verschiedene Strategien angewendet werden, die aber in Abhängigkeit von dem RP-Verfahren und damit von den verarbeiteten Materialien differieren müssen. Das hier verarbeitete Material ist das FullCure720.

Es wurden verschiedene Verfahren untersucht die Modelloberfläche nachzubearbeiten, um eine möglichst glatte Oberfläche zu erhalten. Dazu zählen das Mikrostrahlen mit Glas und Korund, sowie das Strahlen mit geschredderten Nusschalen. Das Ergebnis dieser Untersuchungen ist eine quantitative Bearbeitungsstrategie zur Verbesserung der Oberflächenqualität eines mit der Objet Eden330 gefertigten RP-Urmodells.

### Optimization potential of RP-produced master models

**Abstract:** The increasing competitive pressure on the international markets shortens product life cycles enormously. Added to this is the lack of resources to which many companies are subject. Therefore, new ways must be found to minimize product development times and costs and to maximize product quality. The correct application of Rapid Prototyping (RP) technologies to manufacture products that are almost ready for the market can contribute to this. With the help of these functional models, a wide variety of error sources of the later series product can be detected and eliminated at an early stage.

This article deals with the post-processing of a master model as preparation for vacuum casting, whereby the master model is produced using the RP process PolyJet™ (Objet Eden330). Rapid prototyping models have very specific features that are undesirable in the later product but are transferred by the molding process. For example, the staircase effect is present on the model in the mounting direction and is mapped onto the final model by the silicone mold. Therefore, it makes sense to manufacture the master model as well as possible and to process it after production. This considerably reduces the amount of post-processing required for the model after the casting process. Various strategies can be used for this purpose, but they must differ depending on the RP process and thus on the materials processed. The material processed here is the FullCure720.

Various methods were investigated to rework the model surface in order to obtain the smoothest possible surface. These include micro blasting with glass and corundum, as well as blasting with shredded nutshells. The result of these investigations is a quantitative machining strategy to improve the surface quality of an RP master model produced with the Objet Eden330.



## **Kooperatives zweihändiges Interaktionsschema für virtuelle Bedienelemente**

***Inhalt:** Im Rahmen von Forschungsarbeiten zur Anwendung der Virtuellen Realität im Produktentwicklungsprozess wird das sogenannte virtuelle Bedienkonzept entwickelt. Kerngedanke dieses Konzeptes ist die Erprobung der Bedienfunktionen virtueller Prototypen durch Verwendung von Datenhandschuhen. Mit diesen wird ein 3D-Handmodell gesteuert, das wiederum mit speziellen virtuellen Bedienelementen interagiert. Der Beitrag stellt einen Ansatz vor, mit dem auch die zweihändige Interaktion mit Bedienelementen möglich ist.*

## **Cooperative two-handed interaction scheme for virtual controls**

***Abstract:** The so-called virtual operating concept is being developed within the framework of research work on the application of virtual reality in the product development process. The core idea of this concept is to test the operating functions of virtual prototypes by using data gloves. These gloves are used to control a 3D hand model, which in turn interacts with special virtual control elements. The article presents an approach that also allows two-handed interaction with control elements.*

ALEXANDER TROLL, BERND ROITH, FRANK RIEG

## **Integrierte Finite Element Analysen in CAD-Systemen – ein Vergleich**

***Inhalt:** In der Industrie findet eine Vielzahl von Finite Element Programmen Anwendung, wobei es sich sowohl um in CAD-Suiten integrierte Module, als auch um eigenständige Simulationssoftware handelt.*

*Es galt festzustellen, wie übereinstimmend die Ergebnisse aktueller FEA-Tools tatsächlich sind. Dabei wurde davon ausgegangen, dass ein nicht direkt für die Berechnung geschulter Konstrukteur die Simulationen durchführen soll. Das Hauptaugenmerk der Untersuchung lag auf dem Vergleich der Ergebnisse für vorgegebene Berechnungsbeispiele. Es sollte festgestellt werden, ob ein mit Grundkenntnissen in der FEA ausgestatteter Konstrukteur mit den Resultaten aus nur einem Programm in der Lage ist eine fundierte Aussage über die Bauteilfestigkeit zu treffen. Dabei sollte die maximale Vergleichsspannung als Bewertungsgrundlage herangezogen werden.*

*Die Vergleichsstudie wurde mit sechs Berechnungsprogrammen, drei integrierten FEA-Modulen und drei Standalone-Programmen, durchgeführt. Verwendet wurden eine Bauteilgeometrie, die auch analytisch berechnet werden konnte und vier praxisnahe Beispiele. Die Ergebnisse für die maximalen Verschiebungen und Vergleichsspannungen wurden auf den größten aufgetretenen Wert normiert und dann untereinander verglichen.*

*Es traten nicht zu vernachlässigende Unterschiede beim Vergleich der Ergebnisse auf. Da bei den normierten Spannungen Differenzen von mehr als 50% zwischen einzelnen Programmen auftraten, ist davon auszugehen, daß es ohne Durchführung von Vergleichsrechnungen mit mehreren Programmen zu Fehlinterpretationen kommen kann.*

## **Integrated finite element analysis in CAD systems - a comparison**

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

**Abstract:** *In the industry a multiplicity of finite element programs applications are used, whereby it concerns both in CAD suites integrated modules, and independent simulation software.*

*The present paper determines how concurring the results of current FEA Tools are actually. It was assumed that a design engineer not directly trained for the calculation should carry out the simulations. The main attention of the investigation lays on the comparison of the results for given calculation examples. It should be determined whether a designer equipped with basic knowledge in the FEA with the results from only one program is able to make a well-founded statement about the component strength. The maximum comparative stress should be used as the basis for evaluation.*

*The comparative study was carried out with six calculation programs, three integrated FEA modules and three standalone programs. A component geometry that could also be calculated analytically and four practical examples were used. The results for the maximum displacements and equivalent stresses were normalized to the largest value that occurred and then compared among each other.*

*There were not negligible differences when comparing the results. Since differences of more than 50% between individual programs occurred with the normalized stresses, it can be assumed that misinterpretations can occur without carrying out comparative calculations with several programs.*

MARTIN ZIMMERMANN, BERND ROITH, ALEXANDER TROLL, FRANK RIEG

### **Simulationsstudie zur Erhöhung der Modellabbildungsgenauigkeit durch Variation der Integrationsordnung in der Finiten Elemente Analyse**

**Inhalt:** *Der ständig wachsende Einfluss der rechnergestützten Produktentwicklung führt gleichermaßen, neben der erwünschten effektiveren Gestaltung von Entwicklungsvorgängen, zu zahlreichen Problemen der Numerik und Rechentechnik. Derartige Probleme besitzen neben den klassischen fachdisziplinären Aufgaben eine entsprechende Relevanz.*

*In diesem Beitrag soll die elementspezifische numerische Integration im Rahmen einer Finiten Elemente Analyse (FEA), sowie deren Einfluss auf die Bildung der Elementsteifigkeitsmatrix dargestellt werden. Der Algorithmus der numerischen Integration wird ausschließlich durch die Wahl des Integrationstypus und der Integrationsordnung bestimmt. Zur Darstellung der Aussagen über die Relevanz der Integrationsordnung kann auf BATHE [1] verwiesen werden. Dabei wird von der Integrationstheorie über die Darstellung des typischen Integranden in der Methode der Finiten Elemente hin zu einem Test im Programmsystem Z88 gearbeitet. Letztendlich soll eine Abhängigkeit zwischen der Elementsteifigkeit des einzelnen Elementes und der verwendeten Integrationsordnung skizziert werden. Daraus wird abgeleitet, wie und ob die Integrationsordnung als Einflussfaktor die Elementsteifigkeit einzelner Finiten Elemente beeinflusst. Weiterhin wird eine Aussage darüber getroffen, ob und wann eine Erhöhung der Integrationsordnung sinnvoll erscheint.*

### **Simulation study to increase the model accuracy by variation of the integration order in the finite element analysis**

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

**Abstract:** *The constantly growing influence of computer-aided product development leads to numerous problems in numerics and computer technology in addition to the desired more effective design of development processes. Such problems have a corresponding relevance next to the classical disciplinary tasks.*

*In this contribution, the element-specific numerical integration within the framework of a finite element analysis (FEA), as well as its influence on the formation of the element stiffness matrix shall be presented. The algorithm of numerical integration is exclusively determined by the choice of the integration type and the integration order. For the representation of the statements about the relevance of the integration order, reference can be made to BATHE [1]. Thereby it is worked from the integration theory over the representation of the typical integrand in the finite element method to a test in the program system Z88. Finally, a dependency between the element stiffness of the single element and the used integration order shall be sketched. From this it will be derived how and whether the integration order influences the element stiffness of individual finite elements. Furthermore, a statement is made as to whether and when an increase of the integration order appears meaningful.*

HANS-PETER PRÜFER

### **Simulation der Einbausituation des Nancy-Nagels Richtlinien zu Vorbiegung**

**Inhalt:** *Frakturen der langen Röhrenknochen bei Kindern können erfolgreich mit der Technik der elastisch-stabilen Marknagelung, oft auch als Nancy-Nagel bezeichnet, behandelt werden. Diese Therapie ermöglicht eine unmittelbare Stabilisierung des Patienten und hilft damit, lange Liegezeiten mit ihren bekannten Nachteilen zu vermeiden. Darüber hinaus werden Schädigungen der Wachstumsfuge vermieden, so dass es auch nicht zu Störungen des Knochenwachstums kommt. Zur Durchführung der Therapie müssen die als gerades Rundmaterial vorliegenden Stahldrähte C-förmig vorgebogen werden. Obwohl dieser Biegevorgang signifikant die mechanischen Eigenschaften der Fixierung bestimmt, gibt es nur sehr grobe Anhaltspunkte, in welcher Weise die Biegung vorzunehmen ist. In diesem Beitrag werden die typischen Eigenschaften der Nancy-Nagelung vorgestellt. Auf der Basis einer nichtlinearen FEM-Analyse werden Konzepte entwickelt, welche zu reproduzierbaren Vorgehensweisen bei der Vorbereitung der Nägel führen.*

### **Simulation of the installation situation of the Prévot-nail guidelines for deflection**

**Abstract:** *Elastic intramedullary nailing represents a successful technique in the treatment of pediatric shaft fractures. Besides the advantage of immediate stabilization a significantly shortened hospital stay is observed. The biomechanical properties of the Prévot-nail depend on the mechanical preparation of the nail, especially its bending. Although the Prévot-nailing is considered as a well established therapy there are only a few hints with respect to the amount of bending. This paper presents a concept for the numerical simulation of the elastic stable intramedullary nailing, which will provide the orthopedists with worksheets for reproducible procedures.*

## Leichtbau durch Einsatz von Topologieoptimierung

**Inhalt:** Die Erschließung neuer Leichtbaupotentiale gewinnt für die Automobilindustrie zunehmend an Bedeutung – Leichtbau trägt entscheidend zur Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Flottenverbrauchs bei. Neben dem Stoffleichtbau ist der Formleichtbau ein bedeutender Ansatz, um gewichtsoptimierte Konstruktionen zu generieren. Eine Methode zur Entwicklung optimaler Bauteilgeometrien ist die Topologieoptimierung. Deren Integration in einer virtuellen Prozesskette zusammen mit CAD, FEA und Gießsimulation reduziert zudem die Entwicklungszeit bei der Konstruktion von gewichtsreduzierten Gussbauteilen. Die gesamte Prozesskette wird anhand des konkreten Beispiels eines Lenkhilfepumpenhalters betrachtet.

## Lightweight construction by topology optimization

**Abstract:** The development of new lightweight construction potentials is becoming increasingly important for the automotive industry - lightweight construction makes a decisive contribution to reducing CO<sub>2</sub> fleet consumption. In addition to lightweight material, lightweight design is an important approach for generating weight-optimized designs. Topology optimization is one method of developing optimum component geometries. Their integration in a virtual process chain together with CAD, FEA and casting simulation also reduces the development time in the design of weight-reduced cast components. The entire process chain is examined using the concrete example of a power steering pump holder.

HEIKO ALXNEIT, HANSGEORG BINZ

## Simulationswerkzeuge für die Optimierung von Beveloidverzahnungen

**Inhalt:** Beveloidverzahnungen bieten für Getriebe mit kleinen Achsenkreuzungswinkeln eine kostengünstige Alternative zu Kegel- oder Hypoidverzahnungen. Für eine ganzheitliche Optimierung der Beveloidverzahnungen muss zuerst das Übertragungsverhalten optimiert werden, bevor die Verzahnung, wie bei zylindrischen Zahnrädern üblich, auf den Betriebspunkt optimiert werden kann.

Dazu wurde das Programm SimKoS entwickelt, das alle für eine Optimierung notwendigen Arbeitsschritte ermöglicht. Es erzeugt die für die Kontaktsimulation mit Alkaeos verwendeten Punktwolken, verwaltet die bei der Optimierung benötigten Dateien und steuert an verschiedenen Stellen des Optimierungsprozesses unterstützende Visualisierungen an.

Für die Optimierung des Übertragungsverhaltens mittels Konstruktionsempfehlungen wurde ein Modul zur automatischen Erstellung und Auswertung einzelner Beveloidradpaarungen in einer Parameterstudie in SimKoS integriert. Zur Reduzierung der Anzahl an Simulationen wurden Methoden der statistischen Versuchsplanung angewandt, deren Ergebnisse für die Konstruktionsempfehlungen verwendet werden können. Schon bei leichter Variation der Verzahnungsdaten kann das Übertragungsverhalten deutlich verbessert werden.

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*Für die weitere Optimierung des Übertragungsverhaltens kann in SimKoS die Flankengeometrie nahezu beliebig korrigiert werden. Mit diesen Korrekturen kann der Übertragungsfehler erneut nachhaltig reduziert werden.*

*Für ein effizienteres Vorgehen bei der Optimierung wurde eine Abwälzsimulation entwickelt. Sie liefert ideal abwälzende Flanken, die für eine Abschätzung der Korrekturgeometrie herangezogen werden kann und somit die Optimierung des Übertragungsverhaltens deutlich vereinfacht.*

### **Simulation Tools for the Optimization of Beveloid Gears**

**Abstract:** *Beveloid gearing offers a cost-effective alternative to bevel or hypoid gearing for gears with small axis crossings. For a holistic optimization of beveloid gears, the transmission behavior must first be optimized before the gear can be optimized to the operating point, as is usual with cylindrical gears.*

*For this purpose, the SimKoS program was developed, which enables all work steps necessary for optimization. It generates the point clouds sent for the contact simulation with Alkaeos, manages the files required for the optimization and controls supporting visualizations at different points of the optimization process.*

*A module for the automatic creation and evaluation of individual beveloid wheel pairs was integrated in a parameter study in SimKoS to optimize the transmission behavior using design recommendations. In order to reduce the number of simulations, methods of statistical design of experiments were applied, the results of which can be used for design recommendations. Even with slight variations of the gearing data, the transfer behavior can be significantly improved.*

*For further optimization of the transmission behavior, the flank geometry can be corrected almost arbitrarily in SimKoS. With these corrections, the transmission error can be reduced again sustainably.*

*A roll-off simulation was developed for a more efficient optimization procedure. It provides ideally rolling edges that can be used for an estimation of the correction geometry and thus significantly simplifies the optimization of the transmission behavior.*

MILAN MARINOV, HARDY KRAPPE, MANUELA PLÖBNIG, ALEXANDER MAHL, JIVKA OVTCHAROVA

### **Wissensbasierte Ansätze in der virtuellen Entwicklung mechatronischer Produkte**

**Inhalt:** *Die Entwicklung mechatronischer Produkte ist geprägt durch eine hohe Produktkomplexität und durch die Verknüpfung von Spezialwissen aus unterschiedlichen Fachdisziplinen.*

*In dem hier vorgestellten Ansatz spielt die Funktionsstruktur innerhalb des Produktlebenszyklus mechatronischer Produkte eine integrative Rolle. Im Zusammenhang mit der in der Funktionsstruktur abgebildeten Produktsemantik kann die weitere Detaillierung mit Hilfe von M-CAD, E-CAD Systemen oder Softwareentwicklungsumgebungen stattfinden. Auf diese Weise wird die frühzeitige Integration der entwickelten multidisziplinären Komponenten unterstützt. Die Validierung von Funktionseinheiten kann*

## 5. Gemeinsames Kolloquium Konstruktionstechnik

# KT-KOLLOQUIUM

*aus verschiedenen Produktentwicklungsphasen heraus geschehen. Durch funktionsbezogene Festlegung von virtuellen Tests, führt diese zu einer systematischen Qualitätssicherung im gesamten Produktlebenszyklus.*

*Darüber hinaus soll anhand der Verknüpfung von Produktfunktionsmodellen mit den geometrisch assoziierten Teilen und die anschließende Darstellung in einer virtuellen Umgebung, den Konstrukteuren, das Arbeiten mit komplexen mechatronischen Produkten erleichtert werden.*

*Der mechatronische Entwicklungsprozess kennzeichnet sich durch eine hohe Komplexität, da die erforderlichen interdisziplinären Kompetenzen oft in mehreren Unternehmen verteilt sind. Diese nutzen unterschiedliche Softwarewerkzeuge, haben unterschiedliche Denkweisen und Fachsprachen. Der Inhalt und die Form der Informationen, die sie benötigen, variieren demzufolge sehr stark. Durch Verwendung von Ontologien ist eine wissensbasierte Erfassung und Anpassung der verwendeten Datenmodelle auf die konkreten Bedürfnisse jedes einzelnen Unternehmens möglich. Dadurch wird einerseits die Komplexität der verwendeten Datenmodelle reduziert und andererseits die einheitliche Interpretation und Nutzung der Daten über die Unternehmensgrenzen hinweg sichergestellt.*

### **Knowledge-based approaches in the virtual development of mechatronic products**

**Abstract:** *The development of mechatronic products is characterized by a high product complexity and by the combination of special knowledge from different disciplines.*

*In the approach presented here, the functional structure within the product life cycle of mechatronic products plays an integrative role. In connection with the product semantics mapped in the functional structure, further detailing can take place with the help of M-CAD, E-CAD systems or software development environments. In this way, the early integration of the developed multidisciplinary components is supported. The validation of functional units can take place from different product development phases. By function-related determination of virtual tests, this leads to a systematic quality assurance in the entire product life cycle.*

*In addition, the linking of product function models with geometrically associated parts and the subsequent representation in a virtual environment, the designers, should facilitate the work with complex mechatronic products.*

*The mechatronic development process is characterized by a high degree of complexity, since the required interdisciplinary competencies are often distributed among several companies. They use different software tools and have different ways of thinking and technical languages. As a result, the content and form of the information they require vary greatly. By using ontologies, a knowledge-based collection and adaptation of the used data models to the concrete needs of each individual company is possible. On the one hand, this reduces the complexity of the data models used and, on the other hand, ensures uniform interpretation and use of the data across company boundaries.*