

### Geschäftsstelle

Prof. Dr.-Ing. J. Gausemeier  
Heinz Nixdorf Institut  
Universität Paderborn  
33102 Paderborn  
Tel.: (0 52 51) 60 62 67  
Fax: (0 52 51) 60 62 68  
E-Mail: bkreis@hni.uni-paderborn.de  
www.berliner-kreis.de

Die Arbeit von Konstrukteuren ist heutzutage von Interdisziplinarität auf der einen Seite und von Komplexität auf der anderen Seite gekennzeichnet. Auf Grund der Interdisziplinarität, zum Beispiel von mechatronischen Komponenten und Systemen, muss der Konstrukteur neben seiner angestammten Domäne auch angrenzende Disziplinen beherrschen oder zumindest kennen. Diese Interdisziplinarität führt in Kombination mit funktionaler und geometrischer Integration innerhalb von Bauteilen, Baugruppen und Systemen zu einer hohen Komplexität der Produkte. Der Konstrukteur muss hierbei vielfältige Abhängigkeiten funktionaler als auch geometrischer Art berücksichtigen.

Um den Konstrukteur bei diesen Problematiken zu unterstützen, wurden Unterstützungssysteme (US) in der Konstruktion seit den späten 1980er Jahren entwickelt und angewandt. Diese haben das Ziel, den Konstrukteur bei seinen

## ProKon – Ein Unterstützungssystem für Konstrukteure

Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD), Universität Stuttgart

Routinarbeiten (Informationsrecherche, Überprüfung von Konstruktionen) zu entlasten, aber ihn dabei nicht überflüssig zu machen. Die kreative Arbeit bleibt immer noch den Konstrukteuren überlassen. Eine Art von US sind neben den herkömmlichen Systemen, wie z.B. regelbasierte und fallbasierte, auch agentenbasierte Systeme. Diese bestehen aus einzelnen Softwareagenten, die in Kooperation mit anderen Softwareagenten Probleme identifizieren und Probleme lösen können. Ein solches System wurde an der Universität Stuttgart im Rahmen eines von der DFG geförderten Gemeinschaftsprojekts ProKon (Proaktive Unterstützung von Konstruktionsprozessen durch Softwareagentensysteme) vom Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD) und vom Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik (IAS) entwickelt (Bild 1).

Ziel des US ist die ständige Überwachung von Produktmodellen im CAD-System, die Konsistenzprüfung entsprechend geltenden Normen und Gestaltungsrichtlinien und die anschließende Problemlösung. Aus diesem Grund muss das US ständig mit dem CAD-System Pro/Engineer über die Schnittstelle J/Link verbunden werden. Das US besteht aus zwei Klassen von Agenten: CAD-Agenten und Management-Agenten.

Jeweils ein CAD-Agent betreut ein Bauteil, eine Verbindung oder eine Baugruppe im CAD-System, überwacht sein Geometrieobjekt auf Änderungen und besitzt darüber geometrische und semantische Informationen. Falls eine Änderung auftritt, gibt er diese an die Management-Agenten weiter. Die Management-Agenten stoßen die Konsistenzprüfung an und betreuen bei einer inkonsistenten Konstruktion den Problemlösungsprozess. Bei der Konsistenzprüfung wird das CAD-Modell auf jeweils eine Gestaltungsrichtlinie (Design for X, z.B. funktionsgerechtes Gestalten) geprüft und bei einer inkonsistenten Konstruktion eine entsprechende Lösung erarbeitet. Falls mehrere Aspekte (z.B. funktionsgerecht, beanspruchungsgerecht, kostengerecht) voneinander abhängen, liegt ein multikriterielles Problem vor, das gelöst werden muss. Hierbei kommt ein Blackboard-Verfahren mit einer mehrstufigen Eskalationsstrategie zum Einsatz. Unterstützungssysteme in der Konstruktion sind stets wissensbasierte Systeme. Aus diesem Grund muss ihnen zuvor Wissen auf eine methodische Art und Weise integriert werden. Aspektagenten benötigen zum Beispiel Zielwissen. Dieser Wissenstyp besteht wiederum aus unterschiedlichen Wissensformen (z.B. Regeln), die zur Wahrung der Funktionalität im Agenten repräsentiert werden müssen. Am IKTD wurde dafür eine modellbasierte Vorgehensweise zur Entwicklung des US erarbeitet, die zudem die methodische Integration von Konstruktionswissen mit einschließt. Diese besteht aus den Modellen Anforderungsmodell, Aufgabenmodell, Agentenmodell, Architekturmodell, Wissens- und Systemmodell. Diese werden zunächst ausmodelliert, bevor deren Operationalisierung ansteht. So können alle Randbedingungen und auch externe Einflüsse erfasst und integriert werden.

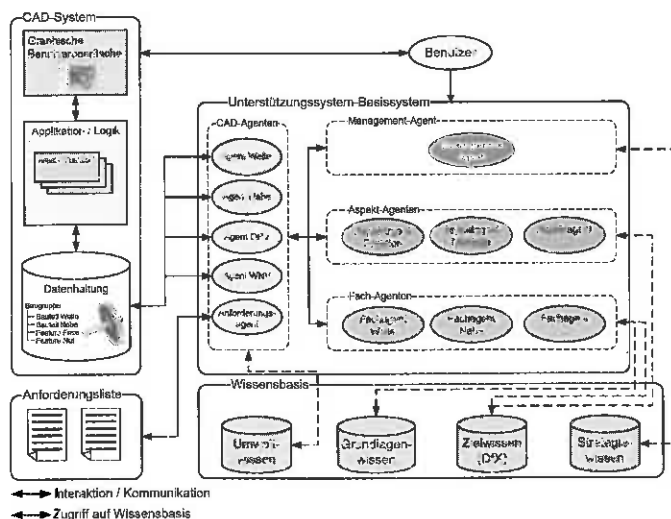


Bild 1. Aufbau des ProKon-Systems

### Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Hansgeorg Binz  
Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD), Universität Stuttgart

## Ausgangssituation

Steigende Energiepreise, gesetzliche Regelungen zu CO<sub>2</sub>-Emissionen oder Marketingaspekte zwingen produzierende Unternehmen ihren Energieverbrauch zu senken. Insbesondere in der Produktion bestehen erhebliche Potenziale zur Erhöhung der Energieproduktivität. Verschiedene Studien ermittelten Einsparpotenziale von bis zu 30 Prozent. Dies entspricht Kostensenkungen von ca. 10 Mrd. € in Deutschland bis 2020 (McKinsey&Company). Während auf der Produktseite die Reduktion des Energieverbrauchs stark vorangetrieben wird (z.B. durch Energieeffizienzklassen bei Elektrogroßgeräten), sind in der Produktion bisher nur wenige Ansätze zu erkennen. Fehlendes Wissen über Energieverbrauch und -kosten oder mangelnde Kenntnisse über methodisches Vorgehen sind Gründe hierfür. Diese Defizite werden in der Lernfabrik für Energieproduktivität (LEP) am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*) aufgegriffen, indem sowohl Methoden zur Erhöhung der Energieproduktivität als auch deren praktische Anwendung vorgestellt und umgesetzt werden.

## Innovativ und zukunftsweisend

Auf rund 200 m<sup>2</sup> wird in der LEP am *iwb* ein realer Produktionsprozess eines Stirnradgetriebes abgebildet (Bild 2). Dieses kommt bspw. in Türen von Schienenfahrzeugen oder Rührwerken von medizinischen Geräten zum Einsatz. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht die Welle-Zahnrad-Verbindung der Abtriebswelle. Nach dem Abdrehen der Welle sowie der Wärmebehandlung und Reinigung des Zahnrads wird dieses auf die Welle geschrumpft. Abschließend erfolgt die Montage des Getriebes. Die LEP stellt eine gewachsene Struktur in einem produzierenden Unternehmen nach, in dem Maschinen unterschiedlichen Alters Verwendung finden. Neben der Integration von spanenden Verfahren, Montageverfahren, Transportprozessen, Reinigungsverfahren und thermischen Prozessen werden sowohl manuelle als auch automatisierte Prozesse betrachtet. Durch eine autarke Druckluft- und Dampferzeugung sowie durch die Verwendung von elektrischer und Wärmeenergie werden unterschiedliche Energieformen abgebildet. Zur Verringerung des Energiever-

# Lernfabrik für Energieproduktivität – Energieverschwendung im Visier

Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (*iwb*), Technische Universität München

brauchs können die wandlungsfähigen Anlagen der Lernfabrik räumlich umgeordnet werden. Außerdem lassen sich die Energieverbräuche der Anlagen durch unterschiedliche Messsysteme aufnehmen und darstellen.

## Weiterbildungsmöglichkeiten für jedermann

Der Aufbau der LEP erfolgte in Kooperation zwischen dem *iwb* und der Unternehmensberatung McKinsey&Company. Beide Partner nutzen die LEP unabhängig voneinander für Schulungszwecke. Das *iwb* nutzt die Lernumgebung in der LEP zur Ausbildung von Studierenden der Technischen Universität München sowie zur Weiterbildung von Energieexperten, Managern oder Werksleitern aus Industrieunternehmen. Ziel, der je nach Zielgruppe halb- bis mehrtägigen Schulungen am *iwb*, ist die Sensibilisierung für das Thema Energie in der Produktion und die Vermittlung methodischer Vorgehensweisen zur Erhöhung der Energieproduktivität. Die Schulungen bestehen aus kurzen, sich abwechselnden theoretischen und praktischen Einheiten. Während der Schulungen wird unter anderem die Methode des Energiewertstroms vermittelt und praktisch angewandt. Dabei wird zunächst basierend auf der Kenntnis verschiedener Energieverschwendungsarten sowie der drei zu beachtenden Systemelemente (Technik & System, Verhalten & Mensch, Organisation & Ma-

nagement) eine so genannte Energiewertstromanalyse durchgeführt. Diese besteht aus den Schritten Messen, Visualisieren und Analysieren. Beim Messen werden Energieparameter wie Stromverbrauch, Druckluftverbrauch, Drücke und Temperaturen mit unterschiedlichen Messverfahren aufgenommen. Im Anschluss daran erfolgt die Visualisierung des Energiewertstroms zur übersichtlicheren Darstellung. Dies bildet die Grundlage für die Analyse zur Identifikation von Energieverschwendung, bei der unterschiedliche Methoden angewandt werden. Basierend auf der Energiewertstromanalyse wird das so genannte Energiewertstromdesign durchgeführt. Dabei wird das Produktionssystem in der LEP ganzheitlich optimiert, wobei alle drei Systemelemente Beachtung finden. Nach der Ableitung unterschiedlicher Optimierungsmaßnahmen werden diese bewertet und priorisiert. Anschließend findet eine Umsetzung der als lohnend erachteten Maßnahmen statt. Mit dem in der LEP installierten zentralen Messsystem können die Einsparungen der Maßnahmen direkt visualisiert werden.

## Kontakt

Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart  
Dipl.-Ing. Thomas Irrenhauser  
Dipl.-Ing. Florian Karl  
Dipl.-Ing. Pascal Krebs  
Institut für Werkzeugmaschinen  
und Betriebswissenschaften (*iwb*)  
Technische Universität München



Bild 2. Lernfabrik für Energieproduktivität (LEP) am *iwb* der TU München