

Nikica Starcevic, Tobias Rohr, Markus Bux, Klaus Lutz und Joachim Müller, Hohenheim

Methodisches Konstruieren nach VDI und integriertes Computer Aided Engineering (CAE) in der Landtechnik

Die Industriesektoren Landtechnik und Erneuerbare Energien befinden sich gegenwärtig in einer konjunkturellen Hochphase. Innovationsdruck und kürzere Produktlebenszyklen erfordern bereits in der frühen Planungsphase klares methodisches Vorgehen. Zusätzlich kann der Einsatz integrierter computerunterstützter Werkzeuge die Lösungsfindung unterstützen. Am Beispiel eines Misch- und Förderroboters für solare Biomassetrocknungsanlagen wird dieser Ansatz eines integrierten Konstruktionsprozesses erläutert.

Dipl.-Ing. Nikica Starcevic ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Agrartechnik der Universität Hohenheim, Fachgebiet Agrartechnik in den Tropen und Subtropen (Leitung Prof. Dr. J. Müller), M.Sc. agr. Tobias Rohr am Fachgebiet Grundlagen der Agrartechnik, Garbenstraße 9, 70599 Stuttgart; e-mail: Nikica.Starcevic@uni-hohenheim.de
 Dipl.-Ing. Klaus Lutz ist Leiter der gemeinsamen Einrichtungen am Institut für Agrartechnik.
 PD Dr. Markus Bux ist Geschäftsführer der Fa. Thermo-System Industrie- und Trocknungstechnik GmbH, Filderstadt-Bernhausen.

Schlüsselwörter

Methodische Konstruktion, Design, CAD, CAE, Biomasse, Roboter

Keywords

Systematic construction, design, CAD, CAE, biomass, robot

Literatur

Literaturhinweise sind unter LT 07312 über Internet <http://www.landwirtschaftsverlag.com/landtech/localliteratur.htm> abrufbar.

Die Bereiche der Landtechnik und der Biomassenutzung sind gegenwärtig geprägt von zunehmend kürzeren Entwicklungszyklen und technisch komplexeren Produkten. Gleichzeitig besteht ein starker Kundenwunsch nach individuellen Produkten und einem ausgewogenen Preis-Leistungsverhältnis. Der durch die Globalisierung der Absatzmärkte verursachte Innovationsdruck sowie verhältnismäßig hohe Personalkosten in Europa lassen sich durch anwendungsfreundliche Konstruktions- und Kreativitätsmethoden lösen. Gerade die VDI-Richtlinien zum methodischen Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme bieten ein umfassendes Methodenwerk zum Erreichen der Zielgrößen Qualitätssteigerung, Kostensenkung und Zeiteinsparung. Sie bieten aber gegenwärtig nur fragmentarische Antworten auf die Fragen nach einer sinnvollen Kombination klassischer Konstruktionsmethodik mit modernen computerunterstützten Werkzeugen. Durch den Einsatz von CAX-Technologien - das „x“ steht für eine Vielfalt an Anwendungsmöglichkeiten - können digitale Testaufbauten (Digital Mock-up) realitätsnah dargestellt, interaktiv konfiguriert und in ihrer Funktion und Eigenschaft simuliert werden. Auf diese Weise lassen sich Maschinen und Anlagen bereits in der frühen Planungsphase ohne das Vorhandensein physikalischer Konstruktionen beurteilen und verändern. Die klassische Konstruktionsmethodik hat auf Grund ihrer überwiegend allgemeinen und abstrakten Vorgehensweise nur schleppend bei der Entwicklung landtechnischer Produkte und

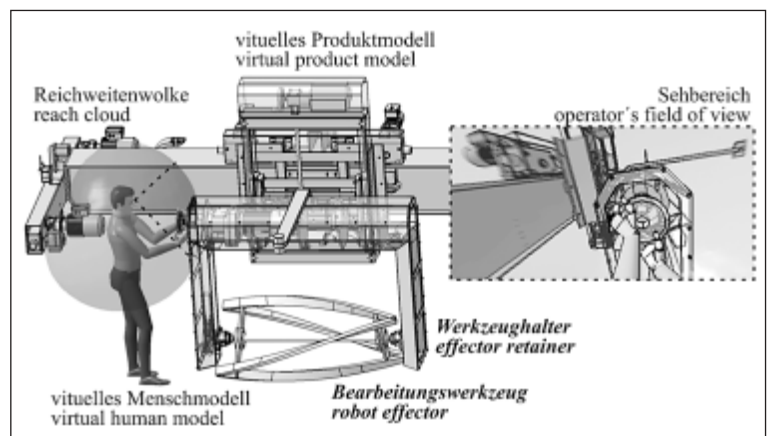
Systeme Einzug gefunden. Dabei nutzen gegenwärtig lediglich größere Landtechnikhersteller integrierte 3D-Software zur Konstruktion und Simulation. Bei einem F&E-Projekt mit der Thermo-System Industrie- und Anlagenbau GmbH wurde klassische Konstruktionsmethodik mit neuen computerunterstützten Werkzeugen zusammengeführt. Das Ergebnis wird beispielhaft anhand der Entwicklung eines Misch- und Förderroboters für solare Biomassetrocknungsanlagen diskutiert.

VDI-Richtlinien zum methodischen Entwickeln und Bewerten

Die VDI-Richtlinien zum methodischen Entwickeln von technischen Systemen bieten eine umfangreiche Methodensammlung in allen Produktplanungsphasen. Sie werden von der VDI-Gesellschaft „Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb“ herausgegeben. Die übergeordnete Richtlinie VDI 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ zeigt das generelle Vorgehen beim Entwickeln und Konstruieren [1]. Die Richtlinie VDI 2222 Blatt 1 „Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien“ behandelt in ergänzender und vertiefender Weise die Arbeitsschritte der übergeordneten Richtlinie VDI 2221 [2, 3]. Hilfestellung zum methodischen Entwerfen wird in der Richtlinie VDI 2223 „Methodisches Gestalten“ gegeben [4]. Die Richtlinie VDI 2225 „Technisch-wirtschaftliches Konstruieren“ bildet eine Grundlage für die Bewertung von Lösungsalternativen [5, 6, 7, 8].

Bild 1: Virtuelles Produktmodell des Misch- und Förderroboters

Fig. 1: Virtual product model of the mixing and transporting robot



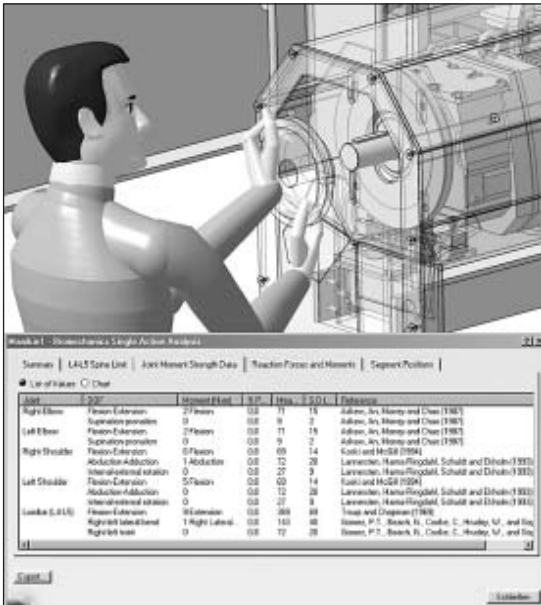


Bild 2: Montagesimulation mit Analyse der biomechanischen Beanspruchungen

Fig. 2: Assembly simulation with analysis of the biomechanical stresses

Sie ist in vier Blätter unterteilt: Blatt 1: Vereinfachte Kostenermittlung; Blatt 2: Tabellenwerk; Blatt 3: Technisch-wirtschaftliche Bewertung; Blatt 4: Bemessungslehre. Darüber hinaus gibt es eine Reihe weiterer Richtlinien, die spezifische Einsatzgebiete des methodischen Konstruierens bedienen [9, 10, 11, 12, 13, 14].

In der übergeordneten Richtlinie VDI 2221 wird das dort empfohlene Vorgehen in sieben Arbeitsschritte unterteilt. Kennzeichnend für alle Arbeitsschritte ist das Erlangen mehrerer Lösungsvarianten, die einem Auswahl-, Optimierungs- und Entscheidungsverfahren unterzogen werden müssen. Die sieben Arbeitsschritte des Entwicklungs- und Konstruktionsprozesses sind: (I) Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung, (II) Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen, (III) Suche nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen, (IV) Gliedern in realisierbare Module, (V) Gestalten der maßgebenden Module, (VI) Gestalten des maßgebenden Produkts, (VII) Ausarbeiten der Ausführungs- und Nutzungsangaben. Für jeden der sieben Arbeitsschritte bieten die VDI-Richtlinien mehrere methodische Hilfsmittel an.

CAX mit CATIA - ein integriertes Konstruktionswerkzeug

Zur Entwicklung des Misch- und Förderroboters wurde die CAE-Software CATIA eingesetzt. CATIA (Computer Aided Three-Dimensional Interactive Application) ist ein CAD-Programm der französischen Firma Dassault Systèmes, das ursprünglich für den Flugzeugbau entwickelt wurde und sich

auch im Maschinen- und Fahrzeugbau etabliert hat. Mit CATIA ist es möglich, Produktdaten zu erstellen, dreidimensionale Modelle zu entwickeln sowie dazugehörige zweidimensionale Zeichnungen abzuleiten. Das Programm besteht aus verschiedenen Modulen, die über die eigentliche Bauteilkonstruktion, Flächenmodellierung und Zeichnungserstellung hinaus auch weitere Möglichkeiten bieten. Beispielhaft sind nachfolgend einige genannt:

- FEM-Festigkeitsanalysen
- Kollisionsanalyse am virtuellen Modell
- DMU Montage-, Demontage & Fertigungssimulation
- DMU Kinematische Simulation von bewegten Baugruppen
- NC-Programmierung und Bearbeitungssimulation
- Elektroplanung & Kabelbaumsimulation

„Misch- und Förderroboter“ für solare Biomassetrocknungsanlagen

Die beschriebenen Entwicklungsphasen I bis IV wurden gemäß den VDI-Richtlinien durchgeführt und in [15, 16] veröffentlicht. Das Ergebnis waren zwei konkurrierende Konzepte für den Misch- und Förderroboter mit vier oder fünf Freiheitsgraden. Diese wurden einer technisch-wirtschaftlichen Bewertung unterzogen, um einen Vorentwurf für die Detailkonstruktion freizugeben. Bild 1 zeigt das virtuelle 3D-Produktmodell des freigegebenen Konzeptes. Die Bauteile sind über spezielle Beziehungen miteinander verbunden und parametrisch verknüpft. Die Materialeigenschaften der Bauteile sind in einer Datenbank spezifiziert und hinterlegt. So wurden parallel zur Geometriefestlegung der Bauteile FEM-Festigkeitsanalysen zur Topologieoptimierung durchgeführt.

CAE bei der Konzeptfindung: Beispiel „Product Function Optimization“

Während der Fertigung sowie parallel zu den ersten Vorversuchen mit dem Prototyp I wurden die Stärken und Schwächen der jeweiligen Baugruppen ermittelt. Im Modul CATIA Product Function Optimizer wurden diese zusammen mit den Bauteilkosten zu einem Funktionsmodellplan zusammengeführt und durch Hyperlinks mit dem 3D-Konstruktionsdatensatz verknüpft. In einer Datenbank wurden die Bauteile mit den Parametern Kosten, Funktionsrang und Problemrang verknüpft. Der Misch- & Förderroboter wurde dabei als virtuelles Produkt vollständig funktional und physisch beschrieben. Optimierungsstrategien mit den Zielvorgaben „Kostensenkung“ und „Pro-

blembehebung“ bei gleichzeitiger Berücksichtigung einer Vielzahl von spezifischen Anforderungen führten zur Fertigung eines zweiten Prototyps, der inzwischen für den Markt freigegeben wurde.

CAE bei der Detailkonstruktion: Beispiel „Human Activity Analysis“

Eine der Zielvorgaben bei der weiteren Detaillierung des freigegebenen Konzeptes war der fertigungs- und wartungsfreundliche Aufbau des Roboters. Hierzu wurden im ersten Schritt die Translationsvolumina der Bauteile bei der Montage ermittelt und Kollisionen bei der Fertigung eliminiert. Für die Handhabung einiger Verschleiß- und Austauschteile wurden zusätzlich biomechanische Analysen durchgeführt. Hierzu wurde dem virtuellen Produktmodell ein virtuelles Menschmodell hinzugefügt und die Interaktion mit den Bauteilen analysiert. Bild 1 zeigt beispielhaft die Reichweitenwolke eines erwachsenen, männlichen 50-Perzentil Europäers bei der Wartung der Antriebselemente des Roboterwerkzeuges. Rechts im Bild ist eine Momentaufnahme des durch das Betriebspersonal einzusehenden Bereiches beim Austausch des Kettenrades dargestellt. In diesem Beispiel wurde untersucht, ob genügend Bauraum für einen sicheren, beidhändigen Einbau vorhanden ist. Im Zuge dieser Untersuchung der Ganzkörper- und Gliedmaßenbewegungen wurden auch die Belastungen bei Einbau des Kettenrades mit einem Eigengewicht von 12,5 kg untersucht. Bild 2 zeigt in vergrößerter Darstellung den Vorgang des Anflanschens des Kettenrades und die dazugehörige biomechanische Auswertung an Ellbogen, Schulter und Rücken. Die Auswertung umfasst den Bewegungspfad der Gliedmaßen sowie die Berechnung und Beurteilung der dazugehörigen Momente und Reaktionskräfte.

Fazit

Das allgemein beschriebene methodische Vorgehen nach den VDI-Richtlinien eignet sich gut zur Klärung der Entwicklungsziele, Suche nach Lösungsprinzipien sowie Beurteilung mehrerer konkurrierender Konzepte in der frühen Konstruktionsphase. Integrierte CAE-Systeme wie CATIA bieten eine umfassende und zum Teil offene Plattform für einen durchgängigen Produktentstehungsprozess von der Funktionsmodellierung über die Simulation bis zur Fertigung. Die Kombination dieser Werkzeuge reduziert die Entwicklungszeiten und -kosten, fördert innovative Lösungen und gewährleistet eine nachvollziehbare Dokumentation der Produktentwicklung.