

Otmar Siebertz, Köln

CAD-3D – komplexes Werkzeug für die Produktentwicklung

Mit Konstruktionsbeispielen aus der Landmaschinentechnik

Die höhere Effizienz der CAD-Systeme verkürzt den kompletten Konstruktionsprozess und gibt der Kreativität zeitlichen Spielraum. Die schnellere Bereitstellung von Lösungsansätzen ist zu erwarten, ebenso ein höherer Abstimmungsbedarf zwischen allen Beteiligten am Entwicklungsprozess. Im Rahmen von Planungssitzungen werden deshalb Team-Mitglieder mit Hilfe von Visualisierungswerkzeugen die Zwischenergebnisse diskutieren, neue Gedanken fassen und Aufgaben verteilen. Computerunterstützte Simulationen werden weiter zunehmen. Die Wirtschaftlichkeit der Systeme bewegt sich auf hohem Kosten- und Effizienz-niveau, für die sich Investitionen dennoch lohnen.

Prof. Dr. Otmar Siebertz ist Fachhochschullehrer im Fachbereich Landmaschinentechnik der Fachhochschule Köln (e-mail: otmar.siebertz@fh-koeln.de) und war von 1986 bis 1992 am Lehrstuhl für Landtechnik (Leiter: Prof. Dr.-Ing. K.-H. Kromer).

Schlüsselwörter

Produktentwicklung, CAD, CAD-3D, 3D-Modellierung, EDM/PDM-Systeme, Digital-Mock-up

Keywords

Product development, CAD, CAD-3D, 3D-modelling, EDM/PDM-systems, digital-mock-up

CAD-2D-Systeme sind bereits seit den späten sechziger Jahren in produktivem Einsatz. In diesem Anfangsstadium war der CAD-2D-Einsatz die passende Antwort auf die Anforderungen der damals existierenden industriellen Prozesse.

Heute stehen viele CAD-Anwender an der Schwelle zum Umstieg auf ein 3D-System [1, 7]. Der Übergang zur modernen 3D-Technik wird bei vielen Firmen in wohldefinierten Abschnitten durchlaufen, so dass der Anteil der 3D-Konstruktionen mit fortschreitendem Kenntnis- und Erfahrungsstand der Mitarbeiter nach und nach erhöht wird. Es gibt nur wenige Unternehmen, die ausschließlich mit der 3D-Technik arbeiten. Die meisten Unternehmen arbeiten mit einer Kombination aus überwiegend CAD-2D-Systemen und dem sukzessiven Ausbau der 3D-Systeme, in die sich die Konstrukteure nach und nach einarbeiten. Global betrachtet – in Anzahl von Geräten sowie Einsatzstunden ausgedrückt – waren die Konstruktionsabteilungen der befragten Unternehmen im Durchschnitt wie folgt ausgestattet:

- Etwa 1% mit herkömmlicher Zeichenbrettern
- 78% mit CAD-2D-Systemen
- 21% mit CAD-3D-Systemen

Momentan ist der CAD-3D-Einsatz für die Modellierung komplexer Bauteile und Baugruppen am besten geeignet. Oft beginnen Unternehmen mit der Einführung von 3D-Systemen für die Darstellung besonders schwieriger Geometrien ausgewählter Bauteilkonstruktionen.

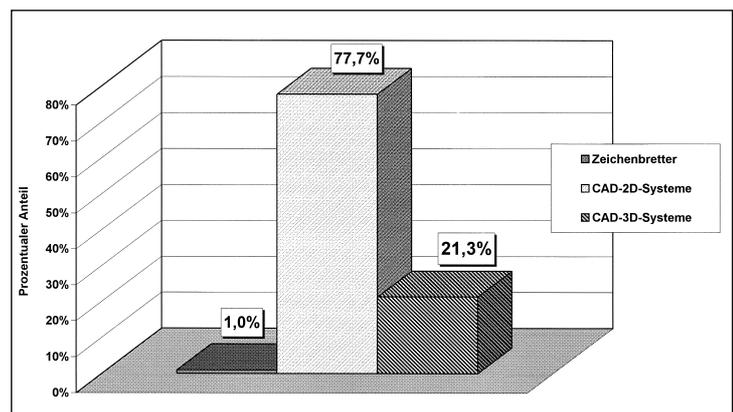
Im nächsten Schritt nutzen die meisten

3D-Anwender die Vorteile der 3D-Modellierung hauptsächlich in der Zusammensetzung von Baugruppen oder für die Durchführung komplizierter Berechnungen und Analysen.

Eine Steigerung der Produktivität in der Produktentwicklung kann bei der schrittweisen Einführung von 3D-Systemen auf jeden Fall erreicht werden. Ein Verlust an Produktivität droht dagegen bei einem allzu abrupten Wechsel von der 2D- in die 3D-Konstruktion. Der Technologiewechsel muss gründlich durchdacht und vorbereitet werden. 2D-Konstrukteure mit unverzichtbarem Produkt-Know-how müssen umdenken und neue Arbeitsmethoden akzeptieren. Interne Abläufe müssen angepasst werden. Kaum ein Unternehmen kann sich einen Stillstand oder gar Rückgang in der Produktentwicklung leisten, auch wenn er vielleicht nur vorübergehend ist. Der Umstieg auf moderne Technologie verfehlt seinen Zweck, sobald er Verluste nach sich zieht. Diese treten ein, sobald die Produktentwicklung nicht reibungslos läuft. Die Risiken bleiben bei einem schrittweisen Übergang von der 2D-Konstruktion in die 3D-Modellierung überschaubar. Die CAD-Anwender müssen erkennen, dass ein Volumenmodellierer im Vergleich zu einem 2D-System ein grundlegend anderes Werkzeug ist. In vielen Fällen wird die Erzeugung eines vollständigen Volumenmodells länger dauern als die Geometriedefinition mit einem zweidimensionalen

Bild 1: Technische Ausstattung der Konstruktionsabteilungen

Fig. 1: Technical equipment



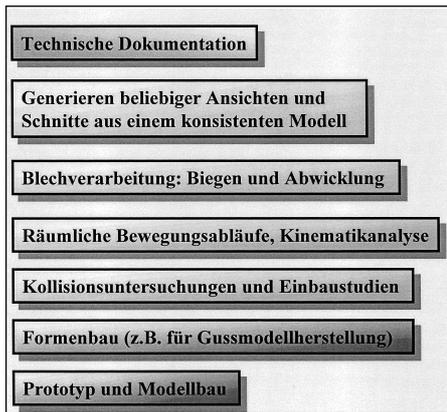


Bild 2: Anwendungsbereiche von Volumensystemen

Fig. 2: Fields of usage for volume systems

ausgerichtetes System [1].

Der Prozess, der vom Entstehen einer Produktidee bis zum fertigen Produkt durchlaufen wird, ist häufig lang und verschlungen. Er führt von der ersten Skizze über Zeichnungen, Zusammenbauten und die Erstellung eines Prototyps bis hin zur NC-Fertigung der Einzelteile und deren Montage. Hier treffen vereinfacht ausgedrückt zwei Welten aufeinander. Einerseits ist das die Welt des Konstrukteurs, der an seinem CAD-System die Bauteile entwirft und bemisst, andererseits die des Mitarbeiters aus der Fertigung, der den so geschaffenen Plan in die Praxis umsetzen muss. Ein praxisgerechtes CAD-System muss es dem Konstrukteur ermöglichen, ausgehend von der gewünschten Funktion, die Konstruktion in Grundzügen zu skizzieren und anhand eines einfachen, abstrahierenden Modells die Funktionsweise zu analysieren [3].

Darüber hinaus muss ein detailliertes Regelwerk geschaffen werden, das dem Konstrukteur vorgibt, welche Konstruktionsdetails wie Schrauben, Bohrungen, Nutenbreiten oder Freistichformen er einsetzen darf. Deshalb sollten CAD- und EDM-Systeme den Anwendern hinsichtlich dieser Regeln unterstützen. So lassen sich beispielsweise Konstruktionsbeschränkungen und -vorgaben in Form von Makros integrieren oder mit Hilfe von Features, bei denen entsprechende Parameterlisten hinterlegt sind, in ein Anwendungsprogramm einbinden.

Bei modernen CAD/CAM-Systemen werden diese Funktionen durch Bibliotheken unterstützt, in denen Informationen über die vorhandenen Maschinen, Werkzeuge und Materialien abgelegt sind. Dadurch kann der Konstrukteur ausschließlich die Elemente beziehungsweise Objekte verwenden, die von den eigenen Maschinen und Werkzeugen auch erzeugt werden können. So lassen sich nicht nur die Nutzung der eigenen Ressourcen optimieren, sondern auch die Ferti-

gungskosten mit einer größeren Genauigkeit vorkalkulieren.

Ein Teil der heute verfügbaren CAD-Systeme bietet Unterstützung bei der Entwicklung von Spritzguss und Blechteilen, indem Informationen über die zu verwendenden Werkstoffe und Fertigungsverfahren dem Konstrukteur während der Modellierung bereitgestellt werden. Für die meisten Produktionsverfahren wird ein solches Know-how von den CAD-Systemen bisher aber nicht geboten. Hier besteht ein großer Bedarf für Weiterentwicklungen in Richtung Wissensverarbeitung.

Kostenkalkulation

Die zu erwartenden Kosten für das zu entwickelnde Produkt sind ein wichtiger Faktor bei allen Konstruktionsentscheidungen. In den meisten Fällen fehlt während des Konstruktionsprozesses die Verbindung zwischen dem Modellieren oder Zeichnen eines Bauteiles und der Aufstellung der Herstellungskosten. Oft wird die Kalkulation sogar von einer anderen Abteilung durchgeführt.

Die Kosten eines Bauteiles basieren beispielsweise auf den Abmessungen, dem verwendeten Material, den Toleranzen und der Oberflächenbeschaffenheit, der Stückzahl, den zur Herstellung benötigten Maschinen und Arbeits- und Maschinenkosten. Einige dieser Daten könnten direkt aus dem CAD-Modell abgeleitet werden. In Verbindung mit einer Datenbank, in der etwa die im Betrieb bekannten Maschinenkosten gespeichert sind, könnte eine recht genaue Abschätzung der Kosten erreicht werden, insbesondere bei Konstruktionsänderungen.

Einzelne CAD-Systeme bieten sogenannte „Konstruktionsnotizbücher“, die es dem Konstrukteur ermöglichen, Anmerkungen über das sich entwickelnde Produkt zu erfassen und Entscheidungen zu dokumentieren. Zusätzlich sind Strukturierung und Indizierung notwendig, um ein allgemein brauchbares System zu erhalten. Ingenieure verbringen einen großen Teil ihrer Arbeitszeit damit, frühere Ergebnisse erneut zu erarbeiten oder nach früheren Informationen zu suchen. Die dem Konstrukteur an die Hand gegebene Möglichkeit, die gesamte Bandbreite der Konstruktionsinformationen zu erfassen, zu archivieren und abzufragen, wird sich in Bezug auf Konstruktionseffizienz und -qualität erheblich auszahlen [3, 4].

Beim Einsatz von 2D-Systemen können die Benutzer im Zweifelsfall „schummeln“ oder Details einfach weglassen. Dagegen verlangt ein Volumenmodellierer die vollständige und genaue Geometriebeschreibung. Außerdem benötigt ein Volumenmodellierer eine weitaus leistungsfähigere Hardware als ein CAD-2D-System. Jedoch

verliert diese Tatsache zunehmend an Gewicht, da sich der Preis für entsprechende Hardware-Plattformen bei gleichbleibender Leistung alle 18 Monate halbiert.

Der Hauptvorteil eines Volumenmodells liegt in der geringen Gefahr der Fehlinterpretation. Außerdem können einmal erzeugte Daten problemlos für andere Anwendungen weiterverarbeitet werden. Durch angemessene Planung und gezieltes Training lassen sich mit dieser Technologie Prozesse deutlich optimieren.

In der 2D-Welt begleitet eine Zeichnung den kompletten Produktkreislauf und wird immer wieder zur Interpretation herangezogen; im 3D-Bereich ist das Volumenmodell der „Produktkern“. Zeichnungen stellen hier lediglich eine mögliche Präsentationsplattform dar. Auf Grundlage des Volumenmodells können verschiedene Berechnungen direkt ausgeführt werden, um etwa die Masseigenschaften zu ermitteln. Zudem kann mit einem Volumenmodell das Aussehen und die Funktionstüchtigkeit eines Produktes wesentlich anschaulicher dargestellt und vom Entwickler besser verstanden werden. Fehler lassen sich so schon frühzeitig am Bildschirm und nicht erst beim Prototypen erkennen [3, 5, 7].

Datenverwaltung

Der Einsatz von CAD-3D-Werkzeugen wirft aber auch neue Fragen bezüglich der Datenverwaltung auf, da im Vergleich zu vorher viel mehr Daten zu verwalten sind. Ferner muss die Vorgehensweise in der 3D-Kon-

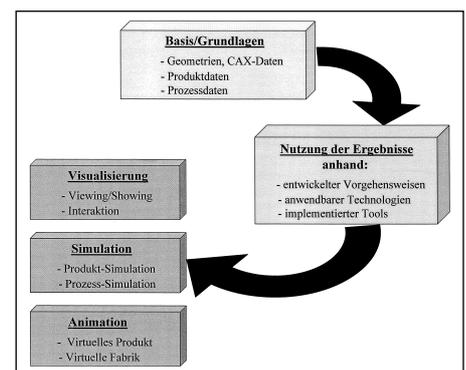


Bild 3: Möglichkeiten von CAD

Fig. 3: Possibilities of CAD

struktion genau definiert und dokumentiert werden, damit verschiedene Anwender unabhängig voneinander daran arbeiten können. Gleichzeitig mit der 3D-Einführung ist unbedingt zu empfehlen, Standards für den Aufbau eines Modells, für den Gebrauch von Bibliotheken, Konstruktionselementen und für die Benennung der Teile, Baugruppen und anderer Bestandteile festzulegen. Denn ein standardisiertes Vorgehen erleich-

tert die Arbeit bei der Weiterbearbeitung und Wiederverwendung der Modelle beträchtlich. Da für die Volumenmodellierung weit mehr Rechnerressourcen als für 2D-Systeme notwendig sind, sollte bei der Hardware-Auswahl nicht gespart werden. Denn je komplexer die zu konstruierenden Bauteile sind, desto mehr Rechenleistung ist erforderlich. Zusätzliche Speicherkapazität (RAM) ist dabei oft wichtiger als eine höhere Prozessorleistung. Häufig ist mangelnde Produktivität mit der Software aber auf das eingesetzte Netzwerk zurückzuführen. Der Test der Leistungsfähigkeit einer CAD-Software auf verschiedenen Hardware-Plattformen ist unter Verwendung eigener Produktdaten dringend zu empfehlen.

Mittlerweile können CAD-Systeme immer einfacher und umfangreicher mit Zusatzapplikationen erweitert werden, um beispielsweise für ein Modell relevante Berechnungen oder Simulationen durchzuführen. Die technologischen Möglichkeiten entwickeln sich heute sehr schnell und in breiter Vielfalt, so dass ein CAD-Anbieter bei der Entwicklung von Zusatzfunktionen selbst oft nicht mehr in genügendem Umfang Schritt halten kann und spezialisierte Anbieter von Zusatzprogrammen oft die besseren Lösungen bieten. Eine genaue Untersuchung der angebotenen Systeme auf Leistungsumfang und Kompatibilität ist auf jeden Fall ratsam, besonders wenn Software von unterschiedlichen Herstellern bezogen werden muss [4].

Ohne Schulung geht es nicht

Die Einführung von Software-Systemen muss nicht in allen Bereichen zu derselben Zeit erfolgen. Das bedeutet, dass sich die Integration von Volumenmodellierung, EDM/PDM-System und Internet/Intranet-Lösungen zu unterschiedlichen Zeiten planen und realisieren lässt. Die Schulung ist ein äußerst wichtiges Thema bei der Umstellung auf ein CAD-3D-System. Der sichere Umgang der Anwender mit den neuen Werkzeugen und den sich ändernden Prozessen verlangt eine intensive Vorbereitung. Mangelnde Ausbildung ist oft die Quelle vieler Probleme. Sie kann den wirtschaftlichen Einsatz drastisch verzögern, da es entsprechend länger dauert, bis ein Anwender mit einem neuen System produktiv arbeiten kann. Die Verfügbarkeit einer umfassenden und leicht verständlichen Online-Dokumentation sowie computerunterstützte Lernprogramme sind deshalb unerlässlich. Zusätzliche Trainingsangebote können vom Hersteller, Händler, Berater oder vom Experten im eigenen Haus realisiert werden. Schulung und Weiterbildung müssen einen wichtigen Stellenwert in der Kosten- und Zeitplanung

bei der Umstellung auf eine neue 3D-Software erhalten.

Das Internet hat die Möglichkeit, grafische Informationen zwischen Ingenieuren zu kommunizieren, erheblich verbessert. Trotz aller Standards (etwa IGES, DXF, STEP, VDAFS, SAT), die sich in den letzten Jahren entwickelt haben, sind immer noch Einschränkungen beim Datenaustausch zwischen unterschiedlichen Systemen vorhanden. Die CAD-Anbieter sind sich in diesem Ziel einig und haben auch beachtliche Fortschritte in dieser Richtung gemacht. Dennoch muss speziell an der Optimierung von Datenschnittstellen gearbeitet werden.

Elektronische Produktbeschreibung

Der Übergang von der Fertigung einer 2D-Zeichnung zur 3D-Modellierung erfordert jedoch mehr als nur das System in Betrieb zu nehmen und die Anwender auszubilden. Neue Entwicklungsmethoden wurden notwendig, da die bisherigen Abläufe die erfolgreiche Einführung dieser Systeme der dritten Generation oft behinderten. Jetzt ist die Zeit der vollständigen elektronischen Produktbeschreibung durch den sogenannten Digital-Mock-up (DMU) angebrochen. Bereits heute wird DMU von Spezialisten als Basis für die künftige virtuelle Produkt- und Prozessmodellierung bezeichnet. Der Digital-Mock-up ist die Computersimulation eines kompletten Produktes. Er enthält sämtliche erforderlichen Funktionalitäten, die für die Unterstützung von Entwicklung, Herstellung und Service benötigt werden. DMU dient als Grundlage für die Produkt- und Prozessentwicklung und unterstützt die Kommunikation sowie die Entscheidungsfindung vom ersten Entwurf über die Instandhaltung bis hin zum Produkt-Recycling [2].

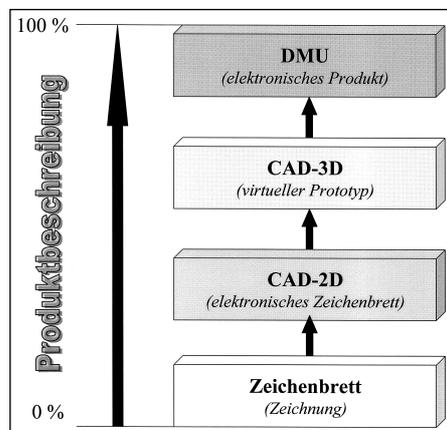


Bild 4: Entwicklung vom Zeichenbrett zum virtuellen Produkt

Fig. 4: Development from drawing-board to a virtual product

Eine Aufwands- und Nutzenbetrachtung des DMU ist nur sinnvoll, wenn der gesamte Produktentstehungsprozess betrachtet wird, da sich die Zuständigkeiten der am Prozess beteiligten Instanzen für die Datenbereitstellung verschieben. Beispielsweise haben die Engineering-Abteilungen mehr Datenverantwortung zu tragen. So müssen neben der korrekten 3D-Geometriedarstellung nun auch alle DMU-relevanten Varianten dargestellt werden. Die dazu erforderliche Datenbereitstellung ist ein wesentlicher Bestandteil der Engineering-Abteilungen. Die Basis bilden die im Unternehmen vorhandenen Informationen und Daten zu den Produkten selbst, wie CAD-Zeichnungen oder Modelle sowie Daten zum Fertigungs- und Montageprozess. Diese werden aufbereitet und auf Basis der Projektergebnisse durch Mitarbeiter des Unternehmens in der Art und Weise verändert, dass sie den Anforderungen eines DMU entsprechen. Die Möglichkeiten zur Nutzung sind wiederum davon abhängig, welche Zielgruppen mit dem Einsatz des Digital-Mock-up angesprochen werden sollen sowie zu welchen Problem- oder Aufgabenstellungen DMU eingesetzt wird.

Zu den möglichen Zielen zählen beispielsweise das Visualisieren virtueller Produkte in einer frühen Planungsphase und deren Publikation oder das Schaffen einer unabhängigen und weltweiten Plattform zur Diskussion der Entwürfe. Eine weitergehende Betrachtung in Richtung Produktsimulation, wie die Durchführung von FEM-Berechnungen oder andere Verifizierungen der Produktfunktionalität oder -qualität, ist den Untersuchungen vorgelagert, die die Beurteilung der Herstellbarkeit des Produktes betreffen.

Anwendungsbeispiele aus der Praxis

Im Folgenden werden drei Konstruktionsbeispiele aus der Landmaschinentechnik vorgestellt, um beispielhaft spezielle Merkmale und Strategien der 3D-Modellierung mit ihren vielfältigen Möglichkeiten, aber auch mit der anspruchsvollen Vorgehensweise aufzuzeigen.

Entwicklung eines Großtraktors von der Fa. MALI Spezialfahrzeuge

Dieser Hochleistungs-Großtraktor ist nicht nur für die Bearbeitung extrem großer Landflächen ab etwa 1000 Hektar geeignet, sondern bringt gleichzeitig genügend Flexibilität für eine Reihe von Aufgaben mit, die bislang den sogenannten Selbstfahrern vorbehalten waren, wie etwa Anbringung eines 9-Meter-Mähwerkes, Häckslereinrichtung und anderer Sondervorrichtungen [5]. Für die erste Konzeption des Traktors standen zunächst nur der minimale Wendekreis von

15 m und die maximalen Abmaße der Achsen fest. Die Modellierung der Achsen samt Bereifung in 3D war folglich der erste Schritt. Anhand dieses Grundmodells wurden die Extrempositionen der Vorderachse bei maximalem Einschlag der Räder simuliert. Damit ergab sich der mögliche Zwischenraum für den Vollrahmen, der außer dem Motor mit Getriebe und der Achsanbindung auch Heck- und Frontkraftheber aufnehmen musste.

Die Konstrukteure verwendeten ein parametrisch arbeitendes CAD-3D-System, mit dem sie durch Änderung einzelner Parameter alle möglichen Varianten der Traktorkonzeption durchspielten. Gleichzeitig wurden die 3D-Modelle von Rahmen und Kabine Verformungsanalysen unterzogen, um die Gestaltung festigkeitsrelevanter Teile schon in der Entwurfsphase zu optimieren. Ebenfalls konnte die Kinematik der pendelnd und hydropneumatisch gefederten Vorderachse festgelegt und überprüft werden.

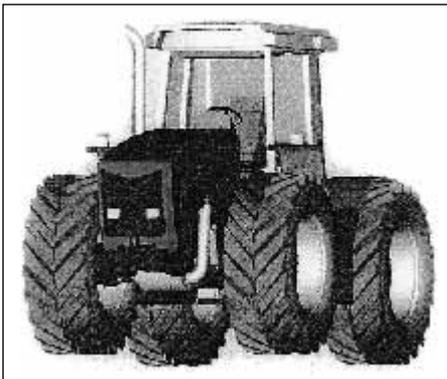


Bild 5: Digitales Traktormodell

Fig 5: Digital tractor model

Fazit: Erst mit Hilfe eines CAD-3D-Systems konnte die gesamte Produktentwicklung eines solchen High-Tech-Produktes in so kurzer Zeit zur Serienreife gebracht werden. Der Nutzen ergibt sich für die Produktentwicklung als Ganzes. Er lässt sich rechnen in wesentlich geringerem Änderungsaufwand und einer drastischen Verringerung der Prototypenzahl.

Konstruktionsbeispiel aus dem Fachbereich Landmaschinen-technik

Konstruktive Entwicklung und Gestaltung eines Fahrzeuganhängers mit Muldenkipper mittels eines CAD-3D-Systems lautete die Aufgabe [6].

Das Ziel, dem Kunden im Bereich des Fahrzeug- und Sondermaschinenbaus individuelle Lösungen anbieten zu können, setzt ein offenes und baugruppenorientiertes Gestaltungskonzept voraus. Damit ist es möglich, verschiedene Unterbaugruppen zu einer Hauptbaugruppe zusammenzuführen und

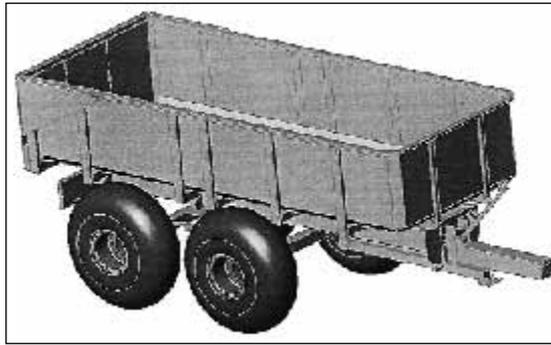


Bild 6: Digitales Anhängermodell

Fig. 6: Digital trailer-model

so ein auf den Kunden ausgerichtetes Gesamtprojekt zusammensetzen. Dazu wurde im Rahmen einer Diplomarbeit das CAD-System Solid Works 99 verwendet. Der zu konzipierende Fahrzeuganhänger mit Muldenkipper besteht aus den Hauptbaugruppen:

- Fahrgestell mit Rahmen
- Muldenkipper und
- Zugdeichsel mit Höhenverstellung und hydraulisch verstellbarem Stützfuß.

Begonnen wurde mit der Gestaltung eines Fahrgestellgrundtyps. Aufgrund des parametrischen Programmaufbaues können anschließend verschiedene Grundmaße des Fahrgestellrahmens modifiziert werden und damit lässt sich die Grundform des Anhängers nach Kundenangaben definieren.

Ist der Fahrgestellrahmen in seiner Konzeptionierung festgelegt, können dazu entsprechende Wannenformen und -größen mit einer darauf abgestimmten Heckklappenmechanik entsprechend der späteren Verwendung kreiert werden. In jeder Phase des Konstruktionsprozesses kann der Kunde durch wirklichkeitsnahe 3D-Ansichten über konkrete Details informiert und so eine zielgerichtete Detailarbeit verrichtet werden. Baugruppenzeichnungen mit Stücklisten und Explosionszeichnungen dienen zudem zur Veranschaulichung der Zusammenbauweise und werden sowohl bei der Montage als auch bei späteren Reparaturarbeiten verwendet.

Abschließend kann festgestellt werden, dass mit Hilfe eines CAD-3D-Systems die Auftragsabwicklung ausgerichtet auf die Kundenwünsche wesentlich verbessert werden kann. Dem Kunden kann der Konstrukteur bereits einen ausgereiften Vorschlag vorlegen, da bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt eine realitätsnahe Darstellung eines 3D-Objektes vorliegt. Änderungen und Gestaltungsvarianten können am Konzeptmodell durch Parametereingabe direkt durchgeführt werden. Ein aussagekräftiges Bild der Konstruktion hilft aber auch im eigenen Haus, Mitarbeiter schnell und sicher in den Entscheidungsprozess der Produktentwicklung einzubeziehen. Aber wesentlich ist, dass der Konstruktionsingenieur si-

cher mit seinem „Werkzeug“, dem CAD-System umgehen und die vielfältigen Möglichkeiten effektiv nutzen kann. Schulung und Weiterbildung müssen einen hohen Stellenwert bei der Anwendung von 3D-Software haben.

Fortsetzung von Seite 211

In Saratow wurden unter Leitung des AMC und der Beteiligung der SSAU wissenschaftliche Seminare über aktuelle Themen und über die Ergebnisse des Projektes abgehalten [2]. In Bonn führte das AMC sogenannte Osteuropa-Seminare durch, zur Förderung des Wissens- und Technologietransfers sowie der möglichen Integration von Aktivitäten in Osteuropa [3, 4].

Fazit

In Russland ist der politische und ökonomische Transformationsprozess in vollem Gange. Der Landwirtschaft kommt dabei eine große Bedeutung zu, da ein Großteil der Bevölkerung im Bereich Landwirtschaft und Ernährung beschäftigt ist. Obwohl die Ausgangssituation bezüglich der Flächenressourcen günstig ist, ergeben sich große Schwierigkeiten bei der Etablierung einer privatwirtschaftlich orientierten Landwirtschaft. Zu den fehlenden politischen und infrastrukturellen Rahmenbedingungen kommen eine ungenügende Ausbildung und die mangelnde Ausstattung mit Betriebsmitteln und Kapital hinzu. So fehlt es an Starthilfen und günstigen Krediten für private Landwirte. Dazu kommen die Risiken durch extreme Witterungsbedingungen wie Sommer-trockenheit und strenge Winterfröste, fehlende Vermarktungsstrukturen bei geringer Kaufkraft der Bevölkerung bis hin zu fehlenden Sozialleistungen für private Betriebe. Dies alles behindert die Entwicklung einer privaten Landwirtschaft in einem sich zur Marktwirtschaft orientierenden System bei gleichzeitigem Zusammenbruch bisheriger Strukturen. Deshalb sind Maßnahmen zur Förderung der privatwirtschaftlich orientierten Landwirtschaft unter Berücksichtigung von politischen, sozialen und psychologischen Aspekten von großer Bedeutung für den Transformationsprozess in Russland.