

Vollständige 3D-Projektierung eines neuen Melkstandes

# Schneller CAD-Nutzen durch integrative Potenzialanalyse und Implementierung

Für Unternehmen des Maschinenbaus können moderne CAD-Systeme einen wesentlichen Beitrag zur Erhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit leisten. Dies gelingt u. a. durch eine Verkürzung von Durchlaufzeiten und eine Steigerung der Entwicklungsqualität. Erforderlich ist dazu eine Einführungsmethodik, die sich flexibel auf unternehmensspezifische Besonderheiten anpassen lässt und eine hohe Planungssicherheit gewährleistet. Die Autoren schlagen dazu ein Vorgehen vor, welches sich an den Phasen Potenzialanalyse, Zielsystementwicklung und Implementierung orientiert. Beispielhaft werden mit dem Vorgehen erzielte Resultate eines komplexen CAD-Implementierungsprojektes vorgestellt.

## 1 Einleitung

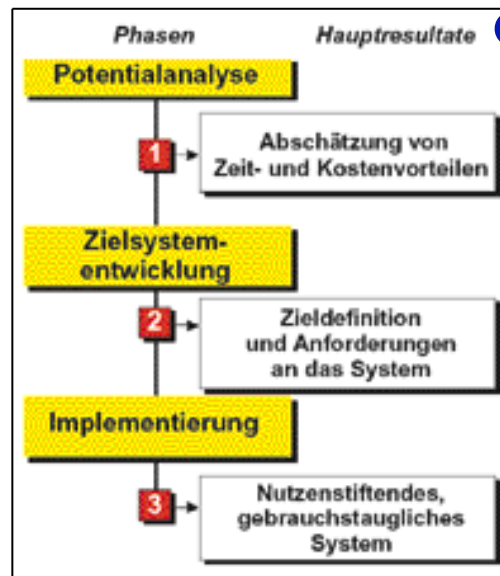
Die Entwicklung neuer Produkte ist eine entscheidende Stoßrichtung zur Sicherung der Zukunft der Unternehmen im Maschinenbau und artverwandter Branchen. Neue Produkt-

ideen sind in technische Lösungen umzusetzen, die sich auf dem Markt mit Gewinn verkaufen lassen. Der zunehmende Wettbewerbsdruck auf internationalen Märkten erfordert dabei kurze Entwicklungszeiten und niedrige Entwicklungs- und Fertigungskosten bei hoher Qualität der Entwicklungsergebnisse.

Durch den Einsatz von CAD/CAE-Systemen können wesentliche Beiträge zu diesen Zielen geleistet werden [8]. Es lassen sich folgende prinzipielle Ansätze ausmachen.

### Prozessparallelisierung durch Simultaneous Engineering (SE)

Durch ein abgestimmtes CAD/CAE-System zur Unterstützung des SE ist ein hoher Zeitgewinn durch ein zeitlich überlappendes Arbeiten der einzelnen an der Produktentwicklung beteiligten Bereiche möglich [9].



**Bild 1**  
Überblick über die Methode

### Autoren

Dr. Jörg Lemke, Dr. Elmar Hahn  
(beide EDS PLM Solutions., Langen),  
Matthias Ahrens (Westfalia Land -  
technik GmbH, Oelde)

Kontakt:  
EDS PLM Solutions  
Unigraphics Solutions  
Robert-Bosch-Str. 11  
63225 Langen  
Tel.: 0 61 03/20 65-0  
Fax: 0 61 03/20 65-5  
E-Mail: joerg.lemke@eds.com  
www.plm-solutions.de

### Prozesskettenintegration

Die u. a. durch CAD/CAM-Kopplung erreichbare konsistente und

redundanzfreie Datenhaltung und der beschleunigte Datenzugriff setzen ein durchgängiges System voraus.

*Prozessbeschleunigung durch Automatisierung*

Durch eine Automatisierung algorithmierbarer Konstruktionstätigkeiten wird eine Effizienzsteigerung, eine Erhöhung der Entwurfssicherheit und eine Freisetzung von Potenzial für kreative Tätigkeiten bewirkt [1].

*Verkürzung von Prozessiterationen durch Modellbildung und -analyse*

Der Ersatz von Prototypen durch Rechnermodelle reduziert die Totzeit zwischen festgelegten und erkannten Produkteigenschaften [3]. Fehler können mit geringem Aufwand behoben und die Kosten für den Bau und den Test von Prototypen gesenkt werden.

Dennoch wird das verfügbare Nutzenpotenzial bei weitem nicht ausreichend ausgeschöpft: Aus einer Befragung von mehr als 5000 deutschen Fertigungsunternehmen geht hervor, dass CAD-Daten in knapp der Hälfte der befragten Unternehmen nur zur technischen Dokumentation genutzt werden. [4]. Eine erweiterte und durchgängige Nutzung spielt eine untergeordnete Rolle. Die Ursache dafür ist vor allem, dass die

- Identifikation und monetäre Bewertung von Nutzenpotentialen,
- die Einführung durchgängiger Prozesse durch konsequente unternehmensweite Nutzung der in der Konstruktion entstandenen 3D-Daten und die
- Ausrichtung der CAD/CAE-Systeme an Entwicklungsaufgaben problematisch sind.

Bei der Neueinführung oder Erweiterung eines CAD/CAE-Systems steht das Unternehmen vor einer komplexen Planungssituation, die bedingt ist durch die Vielfalt der Einflussgrößen im einzelnen Unternehmen. Als Folge wird eine frühzeitige und objektivierbare Bewertung des Nutzens von CAD/CAE-Investitionen i.d.R. nicht vorgenommen. Die Bestimmung von bereichs- und abteilungsübergreifenden Nutzeneffekten fällt besonders schwer. Ferner besitzen viele Entscheidungsträger keine informationstechnische Ausbildung. Somit besteht die Gefahr, aus nicht-technischen Gründen eine falsche CAD/CAE-Systemauswahl zu treffen. Dabei können beispielsweise Kon-

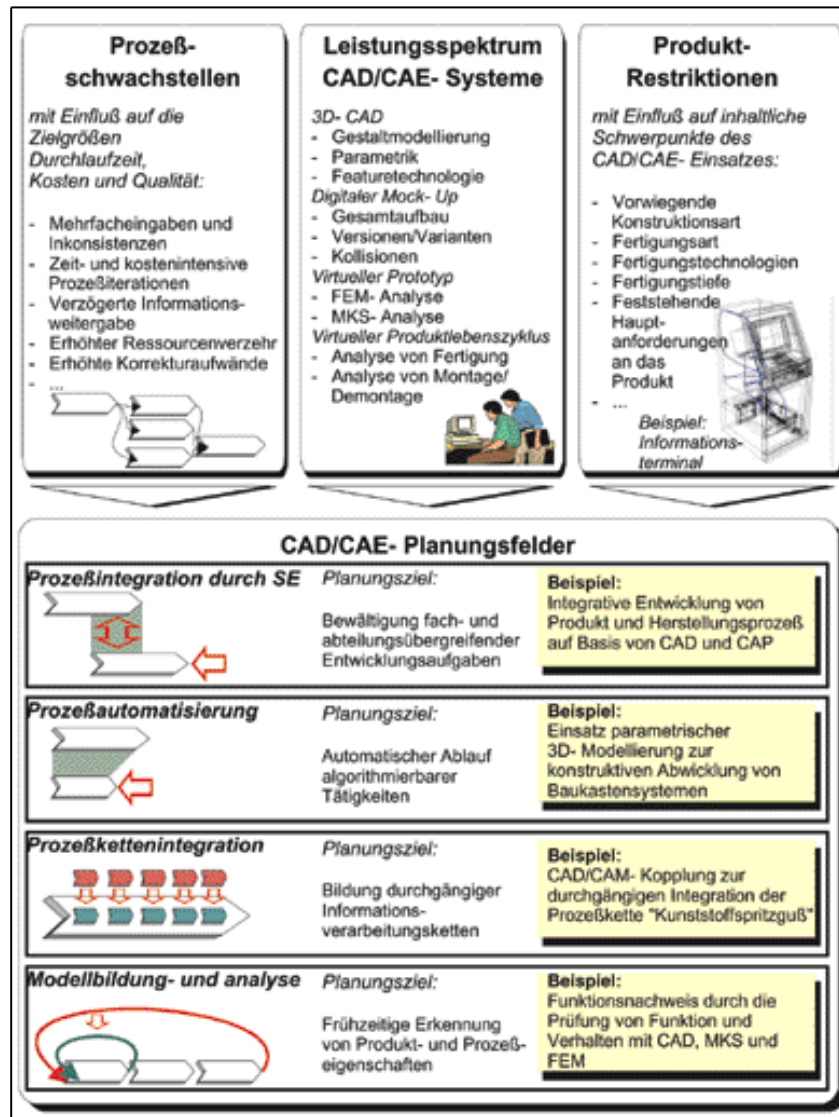


Bild 2

Planungsfelder und Schlüsselprozesse

zernvorgaben, aber auch Beratungsunternehmen, die Eigeninteressen verfolgen, eine Rolle spielen [5].

Dem Entwickler/Konstrukteur nützen CAD/CAE-Systeme nur dann sie zur Lösung konkreter Problemstellungen in der Produktentwicklung beitragen. Kritisch ist hier, das die Dokumentation von Entwicklungsaufgaben aufgrund der für Entwicklungsprozesse typischen Dynamik meist nicht in genügend strukturierter Form vorliegt, um daraus unmittelbar klare Anforderungen an die CAD/CAE-Unterstützung abzuleiten. Das führt oft zu Akzeptanzproblemen.

Bei der Abwicklung von Implementierungsprojekten ist vor diesem Hintergrund häufig zu beobachten, das viele Systemanbieter schematisch, unflexibel und zu wenig kundennah agieren. Daraus resultierende Fehleinschätzungen führen im Projektverlauf oft zu massiven Zeit- und Kostenüberschreitungen, einer ungenügenden Abdeckung der Anforder-

ungen durch die Systemfunktionalität und damit zum Scheitern des Gesamtvorhabens.

**2 Angewendete Methodik**

Die im folgende vorgestellte Methode ist aus der Kenntnis der o.g. Problematik heraus entwickelt worden. Sie stellt einen Leitfaden dar, welcher die Phasen Potenzialanalyse, Zielsystementwicklung und Implementierung integriert (Bild 1).

**2.1 Potenzialanalyse**

Gegenstand der Potentialanalyse ist, Zeit- und Kostenvorteile abzuschätzen, der durch den Einsatz von CAD/CAE-Systemen in der Produktentwicklung und Fertigungsvorbereitung erzielbar ist. Das Vorgehen gliedert sich in die Schritte:

- Identifizierung und Analyse von CAD-Schlüsselprozessen,

- Bewertung des aktuellen CAD-Einsatzes,
- Ermittlung von CAD-Nutzenpotentialen.

*Identifizierung und Analyse von Schlüsselprozessen*

Die bei der Abwicklung umfangreicher CAD/CAE-Projekte meist divergierenden Vorstellungen der Projektbeteiligten und daraus resultierende Konflikte sind vor allem darauf zurückzuführen, dass die Planungsaufgabe nicht genügend eingegrenzt wird. Die Segmentierung in voneinander organisatorisch und technisch entkoppelte Planungsfelder entschärft diese Konflikte und führt zu einer deutlichen Vereinfachung der Planungsaufgabe und einer erhöhten Transparenz [2] (Bild 2).

Den Planungsfeldern werden dann Schlüsselprozesse zugeord-

Fortsetzung von Seite 17

| Schlüsselprozess: "Integration Design"  |  |  |
|---|--|--|
| Vergleich Stand des CAD/CAE- Einsatzes  |  | Ergebnis   |
| CAD/CAE- Einsatz im Unternehmen   | CAD/CAE- Einsatz (Referenzmaßstab)   | Bewertung der Leistungslücke   |
| <b>Design:</b><br>- 2D- DTP für Skizzen<br>- 2D- CAD für die Vorbereitung des Holzmodellbaus<br>- Holzmodelle zur Präsentation<br><br><b>Entwicklung/Konstruktion:</b><br>- 3D- CAD | <b>Design:</b><br>- 2D- CAD für Skizzen<br>- 3D- CAD für Gestellmodelle<br>- 3D- CAD für photorealistische Darstellungen zur Präsentation<br><br><b>Entwicklung/Konstruktion:</b><br>- 3D- CAD | groß<br>5 -3 -1 0 1 3 5<br>klein<br>-3<br>Charakterisierung Leistungslücke:<br>Die im Design verwendeten 2D- Werkzeugen gestatten keine Übergabe der Geometriedaten an die Entwicklung. Es besteht keine gemeinsame Entwicklungsbasis zwischen Design und Entwicklung. Daraus resultierende Inkonsistenzen und Konzeptfehler führen zu hohen Änderungsaufwänden. |
| Effekte   |  | Effekte  |
| Entwicklung startet ohne Datenbasis   |  | Entwicklung setzt auf der vom Design erstellten Datenbasis auf   |
| Änderungen umfassen Mock- Ups und sind zeit- und kostenintensiv   |  | Änderungen schnell und kostengünstig am Rechenmodell   |
| Konzept ist durch ungenügendes Packaging fehlerbehaftet   |  | Konzept ist fehlerfrei   |
| ...   |  | ...  |

**Bild 3**

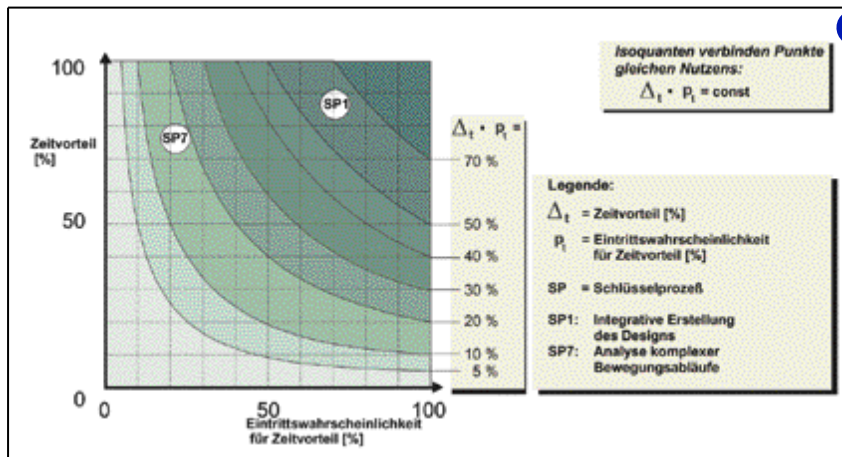
Benchmarking des Schlüsselprozesses „Integration Design“

Verbesserung seiner Leistungen und nach Wettbewerbsvorteilen durch Orientierung an den jeweiligen Bestleistungen (führender Industrieunternehmen) oder an anderen Referenzleistungen“ [6]. Die aktuell anzutreffende Unternehmenssituation wird analysiert und durch einen Vergleich mit „Best Practices“ vergleichbarer Unternehmen bewertet.

Konventionelle Benchmarking-Studien beinhalten i.d.R. die Ermittlung von Praktiken und Methoden in Unternehmen des Wettbewerbs [7]. Das allerdings ist mit einem hohen organisatorischem und logistischen Aufwand und erfordert außerdem ein solides Vertrauensverhältnis. Vor diesem Hintergrund wurde eine Datenbasis aufgebaut, die in anonymisierter Form einen direkten und fundierten Vergleich mit allen weltweit führenden Industrieunternehmen erlaubt. Abgedeckt sind weiterhin kleine und mittelständische Unternehmen (KMU). Der eingesetzte Bewertungsmaßstab P.L.AN (Product Lifecycle Analysis) besteht aus Kennzahlen und Referenzpraktiken für den gesamten Produktlebenszyklus.

**Bild 4**

Quantifizierung von Zeitvorteilen



Die Bewertung setzt auf den modellierten Schlüsselprozessen auf und umfasst:

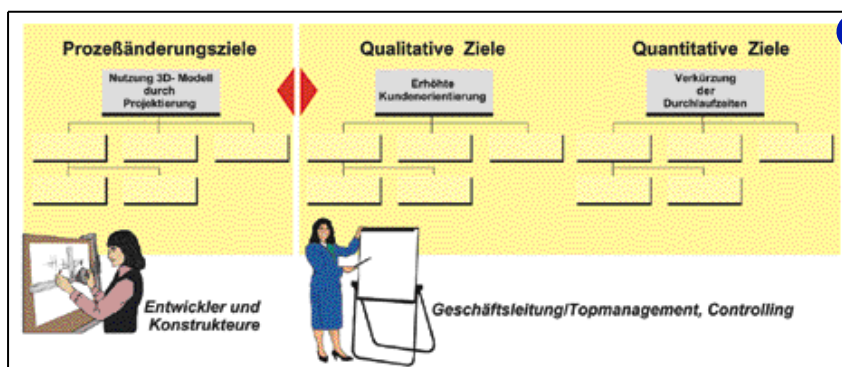
- eine neutrale IST-Beschreibung des derzeitigen CAD/CAE-Einsatzes,
- eine Bewertung daraus resultierender Effekte („qualitative Leistungslücken“).

Dieses Vorgehen liefert Antworten auf die Fragen, warum (CAD/CAE-Einsatz) und in welcher Form (resultierende Effekte) Verbesserungspotentiale bestehen (Bild 3).

Die einzelnen Ergebnisse für jeden Schlüsselprozess werden zu einem übersichtlichen Werteprofil zusammengefasst. Das Werteprofil liefert als komprimierte Darstellung ein differenziertes und umfassendes Bild über den derzeitigen Stand des Einsatzes von CAD/CAE im gesamten Unternehmen. Anhand dessen kann eine Auswahlentscheidung getroffen bzw. eine Priorisierung bezüglich weiterzuverfolgender Schlüsselprozesse vorgenommen werden.

**Bild 5**

Inhalt und Struktur des Zielsystems



net. Gemeinsam ist diesen Abläufen, dass deren Unterstützung durch CAD/CAE in Hinblick auf die Erschließung von Zeit- und Kosteneffizienzen von elementarer Bedeutung ist. Die Gesamtheit der Schlüsselprozesse bildet ein individuelles Profil des Unternehmens für die Ermittlung und Bewertung des aktuellen Standes des CAD-Einsatzes, woraus spezifische Potentiale abgeleitet werden.

Die Definition von Schlüsselprozessen für den CAD-Einsatz ge-

schieht durch eine fundierte Analyse von

- prozessbezogenen Schwachstellen (z.B. Mehrfacheingaben, verzögerte Informationsweitergabe),
- verfügbarem Leistungsspektrum von CAD/CAE-Systemen zur Behebung dieser Schwachstellen (z.B. Digitaler Mock Up – DMU) und
- Produktrestriktionen (z.B. Konstruktions- und Fertigungsart, grundsätzliche Anforderungen).

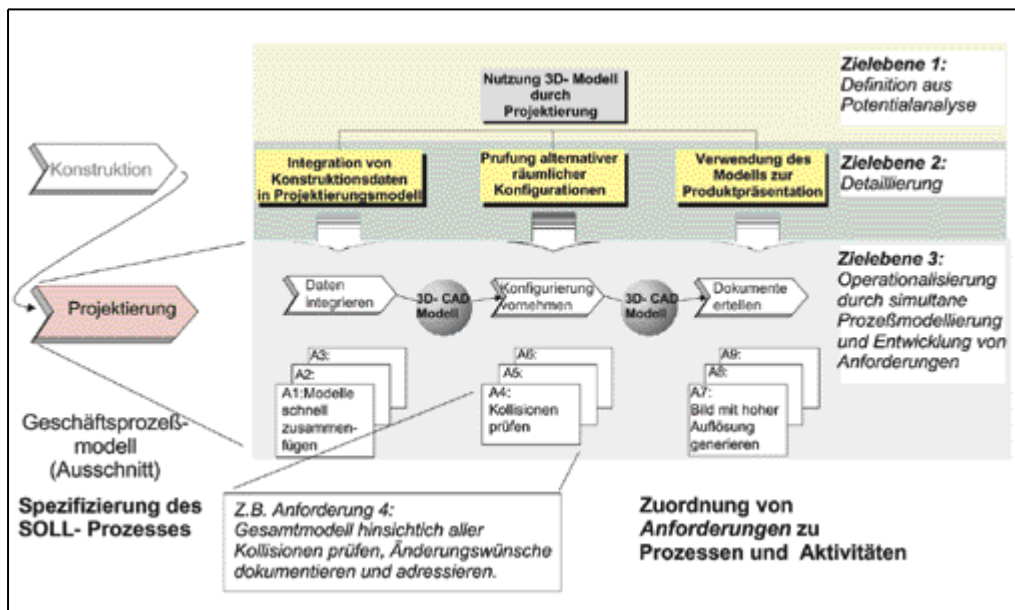
Die ermittelten Schlüsselprozesse werden aufgenommen und mit standardisierten Modellierungsmethoden (z.B. IDEF0, OMEGA) graphisch abgebildet.

### Bewertung der Schlüsselprozesse

Zur Bewertung der ermittelten Schlüsselprozesse wird das Benchmarking eingesetzt. Das Ziel des Benchmarkings ist der systematische und kontinuierliche Prozess des „Strebens eines Unternehmens nach

### Quantifizierung

Es wird eine realistische Einschätzung erzielbarer



**Bild 6**

**Operationalisierung von Prozessänderungszielen**

– Zeit- und Kostenvorteile vorgenommen. Um der Prognoseproblematik (verursacht durch organisatorische, technische und soziale Unsicherheiten sowie des Anlaufverhaltens/Lernkurve) zu begegnen, wird eine Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit vorgenommen. Die zusammenfassende Darstellung der Ergebnisse erfolgt mittels Portfolio-Technik.

Die Quantifizierung geschieht primär durch relative Angaben, um die Aussagekraft zu erhöhen. Die dafür erforderliche Bezugsgrößen, wie z.B. IST-Durchlaufzeiten, werden im Rahmen der vorangegangenen Datenerhebung verursachungsgerecht ermittelt. Die Kostenreduktion durch die Senkung der Anzahl von Prototypen beispielsweise kann nur dann mit einer vertretbaren Genauigkeit abgeschätzt werden, wenn bekannt ist, wie viele Prototypen derzeit tatsächlich pro Entwicklungszyklus eingesetzt werden und wie groß der Kostenaufwand zu deren Erstellung ist. Es wird jeweils ein Portfolio

- **Zeitreduktion** vs. Eintrittswahrscheinlichkeit und
- **Kostenreduktion** vs. Eintrittswahrscheinlichkeit erstellt.

Der zu erwartende Erfolg kann sowohl im Vergleich als auch absolut beurteilt werden. Die getrennte Darstellung berücksichtigt, dass

Zeitvorteile im Vergleich zu Kostensenkungen in der Produktentwicklung generell als wichtiger eingestuft werden, da eine termingerechte, kurzfristige Produktauslieferung maßgeblich zum Unternehmenserfolg beiträgt, während zusätzliche Kosten in der Entwicklung meist akzeptiert werden. Zur Unterstützung der vergleichenden Bewertung sind in den Portfolio-Darstellungen Punkte gleicher Nutzenwirkungen durch Linien (Isoquanten) miteinander verknüpft (Bild 4).

## 2.2 Zielsystem

Die Entwicklung des Zielsystems stellt die logische und organisatorische Verknüpfung zwischen den Phasen Potentialanalyse und Implementierung eines CAD/CAE-Systems dar. Der Übergang zwischen der Potentialanalyse und dem Zielsystem erfolgt, indem die erkannten Nutzenpotentiale situationsbezogen in Ziele überführt werden. Dadurch wird sowohl eine

- **Messbarkeit** des Systemerfolgs durch eine präzise Definition der mit dem CAD/CAE-Einsatz zu bewirkenden qualitativen und quantitativen Nutzenwirkungen als auch
- eine lösungsneutrale, prozessorientierte Erhebung von **Anforderungen** an das neue CAD/CAE-System, die auf der durchgängigen Abbildung konkreter Entwicklungsaufgaben beruht, erreicht.

Bestandteile des Zielsystems sind daher:

- qualitative und quantitative Ziele aus Sicht des Managements sowie

- Prozessänderungsziele aus Sicht der Benutzer (Bild 5).

Aus Sicht des Managements müssen Ziele, die einen Beitrag zum wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens leisten, verfolgt werden. Dazu gehören z.B. die Senkung von Kosten (quantitativ beschreibbar) und die Steigerung der Kundenorientierung (qualitativ beschreibbar). Dabei wird ein Abgleich mit übergeordneten Unternehmenszielen vorgenommen. Dieser Abgleich beinhaltet eine Priorisierung, die sich an der Unternehmensstrategie (z.B. Kostenführerschaft) ausrichtet.

Qualitative Ziele haben deshalb eine besondere Relevanz, weil qualitative Effekte ebenfalls zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit des Systems beitragen. Aufgrund dieser versteckten, aber wichtigen Bedeutung sind qualitative Ziele ebenfalls Bestandteil des Zielsystems.

Aus Sicht des Benutzers sind neue Systeme an seinen konkreten Entwicklungsaufgaben auszurichten. Gleichzeitig erfordert der Einsatz der Systeme eine Änderung des Entwicklungsprozesses. Daher werden Prozessänderungsziele aus den Maßnahmen abgeleitet, die erforderlich sind, um Nutzeffekte zu bewirken. Die Operationalisierung der Prozessänderungsziele führt zu einer Spezifikation des SOLL-Prozesses. Das bewirkt, dass eine Überein-

kunft über zukünftige Arbeitsweisen erreicht wird. Zum Abgleich der Teilziele untereinander kann insbesondere bei komplexen Zielsystemen die Submethode Quality Function Deployment (QFD) eingesetzt werden. Dadurch wird ein konsistentes Zielsystem erreicht.

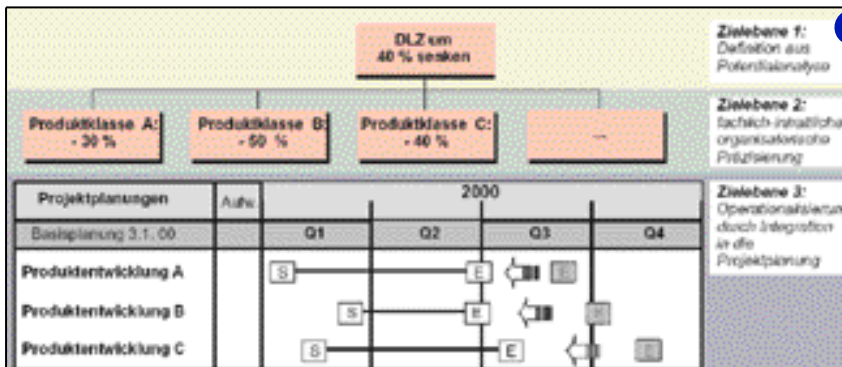
## 2.3 Implementierung

Ziel der Implementierung ist es, das geplante System schnell, mit hoher Planungssicherheit und vollständig anforderungskonform einzurichten. Wiederkehrende Aufgabenstellungen sind dabei:

- eine fundierte Projektplanung, welche die alle zu erbringenden Maßnahmen und die damit verknüpften zeitlichen und monetären Kunden- und Anbieteraufwände integriert und zeitlich abbildet,
- ein effektives Projektcontrolling, welches den Systemerfolg frühzeitig misst und ggf. Hinweise auf Planungsänderungen liefert,
- eine Anwender- und prozessorientierte Abbildung von Entwicklungsaufgaben, welche i. d. R. durch die Entwicklung von Vorgehensweisen (Methoden) und eine Anpassung der Systemfunktionalität (Customizing).

Die Basis für diese Aufgaben liefert die Operationalisierung der **Prozessänderungsziele**. Die Operationalisierung wird durch eine partielle Verfeinerung des Modells des jeweiligen Schlüsselprozesses vorgenommen. Das Ergebnis ist eine Abbildung zusammenhängender Entwicklungsaufgaben in exakter und zielkonformer Weise. Den einzelnen Prozessen werden auf feingranularer Ebene Anforderungen an die CAD/CAE-Unterstützung aus Benutzersicht zugeordnet (Bild 6). Der Detaillierungsgrad entspricht einem (üblicherweise nicht prozessgetrieben erstellten) Pflichtenheft, welches an dieser Stelle als zusätzliche Spezifikation zur Systemabnahme aus den Prozessmodellen abgeleitet wird.

Als Resultat dieses Schrittes werden alle erforderlichen technischen bzw. anwendungsbezogenen Schritte in Form eines quantifizierten Maßnahmenplans spezifiziert. Hieraus kann unmittelbar eine Projektplanung generiert werden.



**Bild 7**

Operationalisierung quantitativer Ziele

Das Ziel der Operationalisierung von quantitativen Zielen besteht darin, die Ziele derart zu präzisieren, dass während der Produktivphase des CAD/CAE-Systems eine Verifizierung der Zielerfüllung vorgenommen werden kann. Die Operationalisierung erfolgt durch die Integration der Ziele in die Projektplanung von Entwicklungsprojekten, die mit dem neuen System durchgeführt werden (Bild 7).

Dazu werden Standard-Methoden des Projektmanagements eingesetzt:

- Gantt-Diagramm,
- Netzplantechnik,
- Terminliste,
- Projektbasis- und Statuspläne.

Durch operationalisierte quantitative Zielsetzungen kann ein Wirtschaftlichkeitsnachweis erbracht werden. Ferner können konkrete Messgrößen zur Überprüfung des tatsächlichen Systemerfolgs abgeleitet werden. Diese Messgrößen beziehen sich Effizienz von Schlüsselprozessen. Die Überprüfung der quantitativen Ziele erfolgt durch das Projekt-Controlling. Das Ziel ist es, Abweichungen von den Zielen der Einföhrungskonzeption zu erkennen und zu analysieren.

### 3 Resultate

Der Nachweis der Umsetzbarkeit der dargestellten Methode erfolgt am Beispiel der Implementierung des 3D-CAD/CAE/CAM-Systems I-DEAS Master Series für die Westfalia Landtechnik GmbH in Oelde, einer Konzerntochter der GEA AG, Bochum (Teil-Konzern der mg technologies ag, Frankfurt). Westfalia entwickelt und produziert in weltweiter Entwicklungskooperation mit dem Hauptstandort Oelde in Deutschland Systemlösungen zur automatisierten Milchgewinnung in der Landwirtschaft. Dabei handelt es sich um komplexe mechanische und verfahrenstechnische Anlagen, die nach dem Baukastenprinzip an individuelle kundenspezifische Bedürfnisse angepasst werden und damit dem Endabnehmer „Landwirt“ einen hohen Wettbewerbsvorteil garantieren.

#### Resultate der Potenzialanalyse

Folgende Schlüsselprozesse wurden identifiziert:

- Änderungsmanagement und

Wiederverwendung in der Abwicklungs-konstruktion

- Nachweis der Funktions- und Integrationsfähigkeit neuer Produkte und Komponenten
  - Integration der Entwicklungsergebnisse von Zulieferern
- Das führte in der Summe zu folgenden quantifizierbaren Potentialen
- Zeitgewinn: ca. 20 % bezogen auf aktuelle Durchlaufzeiten
  - Kosteneinsparung: ca. 900 000 € pro Jahr nach vollständiger Implementierung

Der zu erwartende Nutzen wurde den zu leistenden Aufwänden gegenübergestellt und somit ein Zeitpunkt des Return-on-Investment abgeschätzt.

#### Resultate der Zielsystementwicklung

Die Gesamtziele wurden durch eine Festlegung konkreter, für die Entwicklung bedeutsamer Kennzahlen operationalisiert. Dazu gehören u.a.:

- Senkung der physischen Prototypenzahl zum Funktionsnachweis um 60 %
- Senkung des Arbeitszeitanteils zur Handhabung neuer Produktkonfigurationen um 50 %
- Senkung des Arbeitszeitanteils zur Neugenerierung von Daten um 70 %

Weiterhin wurden Prozessänderungsziele definiert, die die erforderlichen Maßnahmen und die damit gekoppelten neuen Abläufe im Detail spezifizierten. Wesentliche, feingranulare Prozesse sind dabei:

- die Projektierung neuer Gesamtanlagen im 3D mit dem Ziel, die Integrationsfähigkeit aller Komponenten im Systemzusammenhang nachzuweisen sowie dem Kunden aussagekräftige Darstellungen zu liefern (Bild S. 16 o.),
- die Erbringung des Funktionsnachweises verfahrenstechnischer

Neuentwicklungen durch die Kopplung von CAD mit CFD (Computational Fluid Dynamics; Strömungsanalyse) mit dem Ziel, Prototypen zu sparen (Bild 8).

#### Resultate der Implementierung

Ein fundierter Maßnahmenplan, der aus den vorangegangenen Zwischenergebnissen abgeleitet wurde, diente als Basis zur Umsetzung der Implementierung. Die abgeschätzten Aufwände wurden mit einer Zielsicherheit von 5–10 % erreicht. Bemerkenswert ist, dass der effektiv verwendete Umfang der Beratungsdienstleistung deutlich unter dem Soll blieb.

Ferner wurden Messgrößen definiert, anhand derer Zielvorgaben ständig überprüft und fallweise korrigierende Gegenmaßnahmen ergriffen werden konnten.

#### Literatur

[1] Gausemeier, J.; Ebbesmeyer, P.: Kallmeyer, F.: Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen: Carl Hanser Verlag, München, 2001

[2] Spur, G./ Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt – Management der CAD-Technologie; Springer Verlag, Berlin, 1998

[3] Ehrlenspiel, K.: Integrierte Produktentwicklung; Carl Hanser Verlag, München, 1995

[4] Balasubramanian, B./ Winterstein, R.: Auf dem Weg zur digitalen Fahrzeugentwicklung; VDI Bericht Nr. 1411 [Tagungsband zur Tagung: Berechnung und Simulation im Fahrzeugbau], S. 3–24, Düsseldorf, 1998

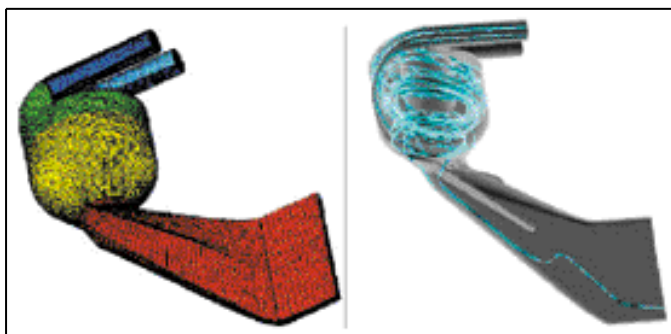
[5] CADcircle: Presseinformation Nr. 6, Oktober 1998: 3. neutrale Marktstudie über Mechanik-CAD – Elektronisches Zeichenbrett auf dem Rückzug, München, 1998

[6] Grabowski, H./ Geiger, K. (Hrsg.): Neue Wege zur Produktentwicklung – Studie des Berliner Kreises – Wissenschaftliches Forum für Produktentwicklung (Geschäftsführung: Gausemeier, J.); Raabe, Stuttgart, 1997

[7] Lemke, J.: Nutzenorientierte Planung des Einsatzes von CAD/CAE-Systemen; Dissertation am Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn, HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 91, Paderborn, 2001

[8] Sabisch, H./ Tintelnot, C.: Integriertes Benchmarking für Produkte und Prozesse; Springer Verlag, Berlin, 1997

[9] Camp, R. C.: Benchmarking; Carl Hanser Verlag, München, 1994



**Bild 8**

Funktionsnachweis einer durchströmten Messeinrichtung mit CFD-Strömungsanalyse