

# FIORES - ein europäisches Projekt für neue Arbeitsweisen im Aesthetic Design

Prof. Dr. **C. Werner Dankwort** und Dipl.-Inform. **Gerd Podehl**, Kaiserslautern

## Zusammenfassung

*Aesthetic Design* bzw. *Styling* ist mehr und mehr ein zentrales Merkmal für den Erfolg von Automobilen auf dem Weltmarkt. Entsprechend den firmenspezifischen Vorstellungen werden diese Eigenschaften der Karosserien in komplexen Abläufen herausgearbeitet. *Computer Aided Styling (CAS)*, *Computer Aided Aesthetic Design (CAAD)* sind die Werkzeuge zur Schaffung optimaler Karosserieformen. Die Abläufe sind von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich, haben aber ähnliche Strukturen: es wird die Form der Karosserie erstellt, anschließend wird mit Hilfe geeigneter Werkzeuge die Qualität der Flächen beurteilt. In einem nächsten Schritt werden die Flächen entsprechend dieser Beurteilung wieder verändert. Diese Schleifen werden wiederholt, bis das Ergebnis die Verantwortlichen zufriedenstellt.

Im Brite-EuRam-Projekt FIORES von 12 Partnern aus 6 Ländern, mit Automobilunternehmen (BMW, Saab), Design-Firmen (Eiger, Formtech, Pininfarina, Taurus), Systemherstellern und Forschungsinstituten wird jetzt versucht, Methoden zu entwickeln, die den Design-Ablauf verbessern könnten: Die Bewertungskriterien für ästhetische Flächen sollen formalisiert werden und dann direkt zur Modifikation der Freiformflächen benutzt werden im Sinne einer zielgesteuerten Modellierung (*Engineering in Reverse, EiR*).

Dieser Artikel stellt die Ergebnisse des Projekts innerhalb des ersten Jahres dar: der Design-Prozeß in verschiedenen Unternehmen wird analysiert, die sich daraus ergebenden Beurteilungskriterien für ästhetische Formen werden formalisiert und der zielgesteuerten Modellierung zugeführt. Ausblicke auf weitere Ziele des Projekts werden gegeben.

Die vorgestellten Arbeiten sind das gemeinsame Ergebnis des Projekt-Konsortiums.

## Summary

*Aesthetic Design* respectively *Styling* is increasingly becoming a crucial mark for the success of automobiles on the world market. Considering company-specific ideas, these properties of car bodies are being elaborated in the course of complex processes. *Computer Aided Styling (CAS)* and *Computer Aided Aesthetic Design (CAAD)* are the methods for creating optimal car body shapes. Although the processes differ from company to company, their structure is similar: The shape of the car body is being designed and afterwards the quality of the surfaces is being evaluated with the help of appropriate tools. In a next step, the surfaces are modified according to this evaluation. These loops are repeated until the result is satisfactory to all responsible persons.

The Brite-EuRam Project FIORES covering 12 partners from 6 European countries including automotive companies (BMW, Saab), styling companies (Eiger, Formtech, Pininfarina, Taurus), system suppliers and research institutes is now trying to develop methods for optimizing the styling workflow: The goal is to formalize evaluation criteria for aesthetic surfaces which can then be used directly for modifying free form surfaces in the sense of a target-driven design (*Engineering in Reverse, EiR*).

This paper presents the project results achieved within the first year: The styling process is being analyzed in different companies, the evaluation criteria deriving therefrom are being formalized and directed to a target-driven design. Outlooks on further goals of the project are given.

The presented work is the joint result of the project consortium.

## 1 Einleitung

FIORES beschäftigt sich mit der Optimierung von computergestützten Werkzeugen, Methoden und Abläufen im *Aesthetic Design*, d.h. der Entwicklung ästhetischer Formen vom Staubsauger bis zur Automobilaußenhaut. Zielgruppe sind Designer und Konstrukteure, die in mehr oder weniger komplexen Prozeßketten zusammenarbeiten, um das CAD-Modell eines Produktes zu erstellen. Dieses Modell muß bei Beibehaltung seines vom Designer beabsichtigten Charakters (*design intent*) den entsprechend hohen Anforderungen bzgl. der Flächenqualität und damit auch der nachfolgenden Abteilungen und Prozeßschritte genügen.

Die oft firmenübergreifenden Prozeßketten erfordern von den beteiligten Personen und CAD-Systemen ein hohes Maß an verlässlicher Kommunikation, die jedoch durch diverse

ablaufspezifische und CA-technische Probleme erschwert wird.

Nachfolgend wird zuerst auf das strategische Umfeld des Design-Bereichs eingegangen, und kritische Abläufe im Karosserie-Design werden aufgedeckt. Es folgt die Beschreibung der Grundkonzeptes des Projekts FIORES, des zielgesteuerten Modellierens sowie der gewünschten Verbesserungen im Design-Prozeß. Nach der Erläuterung der Umsetzung des Konzeptes innerhalb des Projektes schließt eine Bewertung der erwarteten Resultate diesen Artikel ab.

## 2 Strategisches Umfeld

Der Kunde entscheidet sich für oder gegen ein Produkt hauptsächlich nach Abwägung der Faktoren Leistungsumfang, Qualität, Preis und Erscheinungsbild. In Marktbereichen mit hohem emotionalen Bezug zwischen Kunde und Produkt wie der Automobilbranche oder der Konsumgüterindustrie wird dementsprechend viel Wert auf ein ansprechendes, ästhetisches Äußeres des Produktes gelegt.

Oftmals ist das Design das letztlich entscheidende Differenzierungsmerkmal der konkurrierenden Produkte am Markt, da sich deren gute Funktionalität und Verarbeitungsqualität auch im internationalen Bereich immer mehr angeeignet haben und mithin vom Kunden als selbstverständlich vorausgesetzt werden.

Die herausragende Stellung des Designs betrifft in besonderem Maße die europäischen Hersteller, da sie sich in einem allein auf den Preis zielenden Wettbewerb gegenüber Ländern mit niedrigerem Lohnniveau nur schwer behaupten könnten. Zudem genießen gerade europäische Designer international traditionell ein hohes Ansehen.

Ein weiterer verbindender Aspekt der europäischen Industrie ist ihre zunehmende Zusammenarbeit über Grenzen hinweg. Die Konzepte des *simultaneous engineering* erfordern für größere Firmen und ihre Zulieferer einen koordinierten Einsatz von Software-Werkzeugen, häufig erzwingenmaßen das gleiche System. Die dadurch entstehende Abhängigkeit der Anwenderfirmen von den Herstellern der verwendeten Software-Großsysteme ist ein Problem, das oft nur ungenügend vergegenwärtigt wird. Dabei sind Anwenderfirmen ohne die Software-Hersteller nicht mehr in der Lage, ihre Entwicklungsabläufe zu beherrschen und ihre Produktdaten zu verwenden. Ihre Flexibilität und Entscheidungsfähigkeit steht also auf dem Spiel.

Zum anderen sind die großen Software-Pakete für kleinere Firmen, die mit der Großindustrie zusammenarbeiten wollen, kaum bezahlbar bzw. nicht gewinnbringend nutzbar.

Vor diesem Hintergrund haben sich 12 europäische Automobilhersteller, Design-Studios, Softwarehäuser und Forschungsinstitute im Projekt FIORES (*Formalization and Integration of an Optimized Reverse Engineering Styling Workflow*) zusammengeschlossen, um die Abläufe des CAD-Einsatzes im Design- und Konstruktionssektor zu optimieren. FIORES wird gefördert vom Brite-EuRam Programm der Europäischen Kommission (BE96-3579).

### 3 Kritische Design-Aspekte im Ablauf der Karosserie-Entwicklung

Die Prozesse des *Aesthetic Design* unterscheiden sich von Unternehmen zu Unternehmen. Je nach der Design-Aufgabe, der gegebenen finanziellen und zeitlichen Vorgaben, der Ausstattung mit Hilfsmitteln und Systemen, der Anzahl, der Erfahrung und nicht zuletzt der Vorlieben der beteiligten Spezialisten finden sich mehr oder minder komplexe Prozeßketten mit Hilfsmitteln vom Bleistift bis zur *virtual reality* Hochleistungs-Workstation.

Trotzdem kann man einen generalisierten Gesamtablauf angeben, in dem sich die meisten der einzelnen Arbeitsschritte und Hilfsmittel einordnen lassen (Abbildung 1).

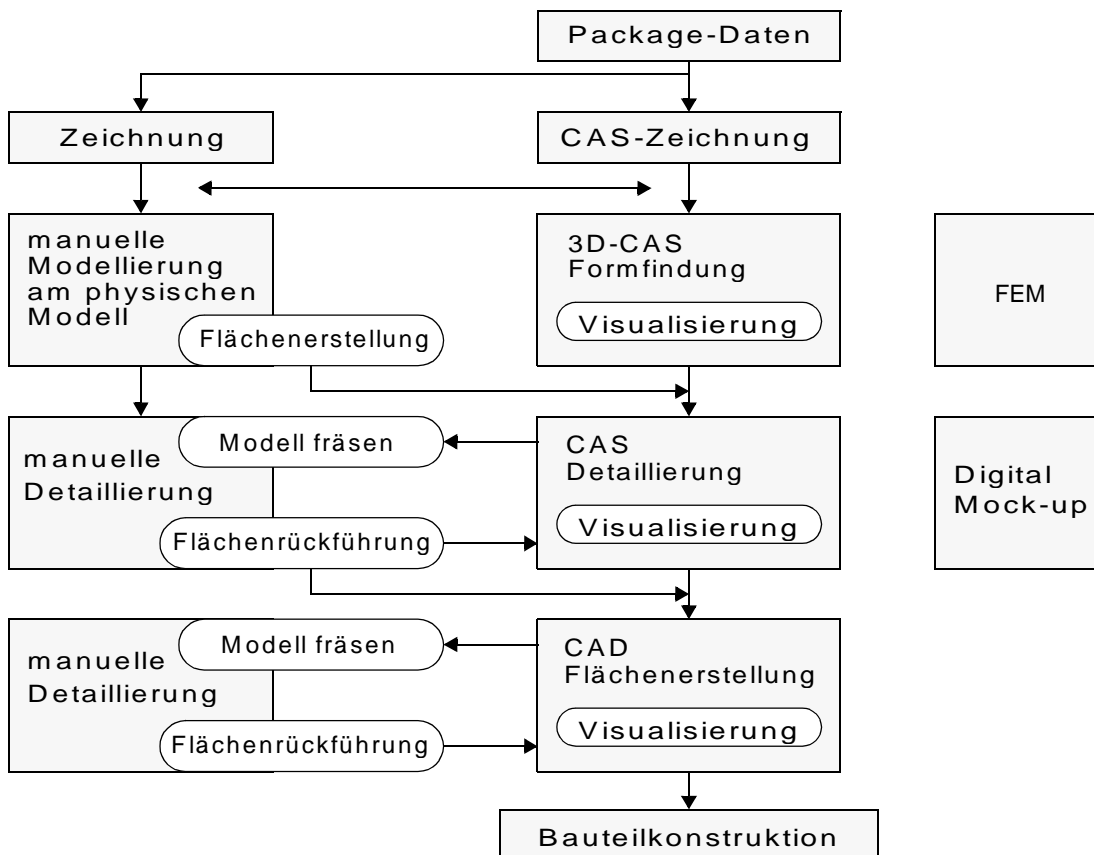


Abbildung 1: Generalisierter Ablauf des Aesthetic Design

Figure 1: Generalized aesthetic design workflow

Ausgehend von Package-Daten werden Skizzen angefertigt, sei es auf Papier oder mit der Hilfe von Zeichenprogrammen. Nach dieser Phase der Ideenfindung gehen die Designer zum Modellieren dreidimensionaler Modelle über, die nun konkret die Eindrücke der Zeichnungen realisieren sollen. Dies kann am physischen Modell, im CAS oder auch mit beiden Methoden geschehen. Es besteht noch großer Freiraum für die Formfindung, der nur durch die Package-Daten und die Ergebnisse der Berechnungsabteilungen (z.B. FEM) eingeschränkt wird.

Der Übergang zum Detaillieren der CAS-Flächen ist mehr oder weniger fließend oder kann ganz entfallen. Gekennzeichnet ist diese Phase durch ein Wechselspiel von Arbeit im CAS und am physischen Modell (das zunehmend durch digitale Techniken ersetzt werden soll [6]). Sie beginnt mit einer Konstruktion von Flächen ausgehend vom physischen Modell oder groben CAS-Daten und bewegt sich dann in einer Optimierungsschleife aus CAS-Modellieren, Visualisieren, Fräsen, manuellem Modellieren und Flächenrückführung.

Wenn die Designer mit ihrem Modell (in der Regel dem physischen) zufrieden sind, wird es nach dem Design-freeze nicht mehr geändert und an die CAD-Konstrukteure übergeben, deren Aufgabe es nun ist, hochwertige CAD-Flächen für die nachfolgenden Entwicklungs- und Produktionsprozesse zu erzeugen. Auch hier kommt es noch oft zu Optimierungsschleifen wie in der Phase der CAS-Detaillierung.

Kein Unternehmen mit Design-Abteilung wird den gesamten, hier vorgestellten Arbeitsablauf als Ganzes verwirklichen. In der Praxis lassen sich drei prinzipielle Alternativen der Realisierung ausmachen:

**A Manuelle Formfindung und -optimierung**

Sie ist hauptsächlich bei kleinen Design-Firmen mit kurzer Prozeßkette zu finden.

**B CAS/CAD mit Flächenrückführung**

Sie bildet das Gros der Anwendung in der Automobilindustrie.

**C CAS/CAD mit virtuellem Modell ohne Flächenrückführung**

Sie wird bereits angewandt, aber nicht immer konsequent. In einer optimierten Form ist sie unser angestrebtes Ziel.

Was zeichnet diese Alternativen im Ablauf mit ihren Vor- und Nachteilen aus:

### **A Manuelle Formfindung und -optimierung**

Gearbeitet wird traditionell mit Plastilin und Hartschaum. Es existiert ein direkter, sinnlicher Bezug des Designers zum Modell. Hand und Auge erfassen, wie es wirklich ist. Viele Designer würden am liebsten nur manuell arbeiten.

Die Schwierigkeiten beginnen dort, wo es nicht mehr ausreicht, ein Modell in den Händen zu halten, sondern verlässliche Daten über die Form gebraucht werden, um das Modell reproduzierbar zu machen.

Für einfache Teile ist dies noch mit einer traditionellen Vermessung und anschließender Neukonstruktion im CAD-System möglich. Bei komplexeren, freigeformten Teilen, wie einer Automobilaußenhaut, wird in der Regel das Modell mit Hilfe hochgenauer Meßverfahren (wie Lasertriangulation, Moiré-Verfahren, Stereo-Photogrammetrie) erfaßt und anschließend mit spezieller Software einer halbautomatischen Flächenrückführung bearbeitet, so daß am Ende brauchbare CAD-Flächen zur Verfügung stehen [5].

### **B CAS/CAD mit Flächenrückführung**

Die manuelle Formfindung geht immer mehr zurück, weil physische Modelle teuer sind und aus Prozeßsicht der frühe Einsatz von CAD den Vorteil hat, eine größere Anzahl von Varianten austesten zu können, sei es rein ästhetisch oder auf Kollision mit Package-Daten oder durch FEM-Verfahren. Zudem lassen sich CAD-Daten leichter wiederverwenden als Modelle.

Allgemein wird der Einsatz computergestützter Verfahren im Design-Prozeß propagiert - und zwar so früh wie möglich, auch wenn bei Designern oft große Abneigungen zu überwinden sind und eine Phase der Schulung und Eingewöhnung unumgänglich ist. Der harte Bruch zwischen manuell arbeitenden Designern und CAD-nutzenden Konstrukteuren wird langsam überwunden durch die CAS-Systeme der Designer, die heute zur Standardausstattung nicht nur im Automobilbereich gehören.

Doch auch hier ist die erwähnte Bruchstelle noch nicht beseitigt, denn erstens ist die Qualität der CAS-Flächen für eine konstruktive Weiterverarbeitung in der Regel nicht gut genug und zweitens wird das im CAS erstellte Objekt zur abschließenden Beurteilung immer noch gefräst. Wenn nun am gefrästen Modell wieder manuell gearbeitet wird, um ihm den letzten Schliff zu geben, gehen die CAS-Daten verloren, d.h. der Übergang zum CAD läuft - genau wie im rein manuellen Fall - über das physische Modell und die Flächenrückführung (Abbildung 2).

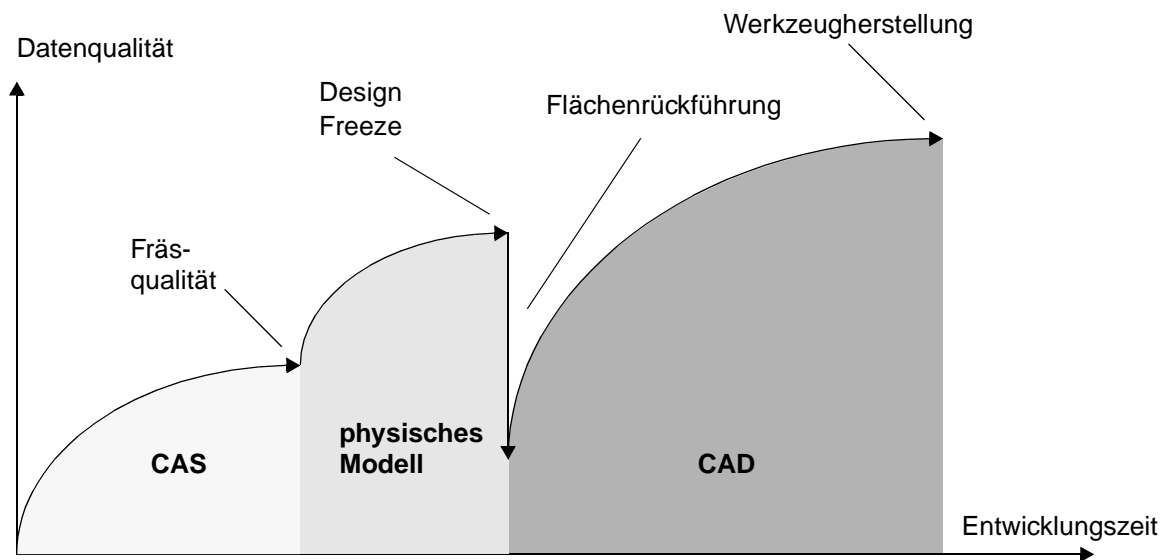


Abbildung 2: Qualitätsverlust im Arbeitsablauf mit CAS/CAD und Flächenrückführung  
 Figure 2: Loss of data quality in the workflow with CAS/CAD and surface reconstruction

Überall dort, wo am physischen Modell gearbeitet wird, und sei es auch nur die manuelle Änderung eines kleinen Teils des gefrästen CAS Modells, kommt man um die Flächenrückführung nicht herum. Nun sind aber die Flächen, die bei einer Rückführung erzeugt werden, qualitativ keine Konstruktionsflächen, da die abgetasteten Punktwolken keine Information über die innere Struktur des Bauteils in sich tragen. Deshalb funktionieren auch rein automatische Flächenrückführungen nicht, und es bleibt der Zwang zur (bisweilen nervtötenden) Neukonstruktion mit Punktwolken als Randbedingungen - und das nach jeder manuellen Änderung.

### **C CAS/CAD mit virtuellem Modell ohne Flächenrückführung**

Es gilt also, die Flächenrückführung zu vermeiden. Das virtuelle Modell innerhalb dieses dritten Ablaufs soll das physische (weitestgehend) ersetzen. Die CAS- bzw. CAD-Daten werden im Idealfall nicht mehr gefräst, sondern mit Hilfe von 3D-Großprojektionen oder *virtual reality*-Methoden visualisiert [2], so daß am virtuellen Modell prinzipiell die gleichen Effekte gesehen werden können wie am physischen. Auch diese Methode hat ihre Grenzen, weil es immer noch schwierig ist, an einem nicht gegenständlichen Modell die wahren Proportionen richtig einzuschätzen. Zudem lassen sich computergenerierte Modelle zwar betrachten aber nicht anfassen; es bleibt immer das Gefühl des Künstlichen.

Einer abschließenden Beurteilung am gefrästen Modell steht allerdings nichts im Wege, solange am physischen Modell keine Änderungen mehr vorgenommen werden, was die zugrundeliegenden Daten entwerten würde. Vielmehr ist es angebracht, nach Beurteilung des Modells eventuelle Änderungen nur noch direkt im CAD durchzuführen und danach erneut zu visualisieren. Damit vermeidet man zwar den harten Daten- und Qualitätsbruch der Methoden A und B, arbeitet aber weiterhin nach dem Prinzip des *trial and error*, mit dem Unterschied, daß das gefräste, physische Modell durch ein virtuelles 3D-Modell ersetzt wird. Dieses Modell ist zwar interaktiv beurteilbar aber nicht mehr modifizierbar.

Es kommt also in allen vorgestellten Varianten zu Bruchstellen im Ablauf, die in der Regel mit dem Verlust von Datenqualität bzw. Flächenqualität einhergehen und vor allem Zeit kosten. Grund ist die Mischung von „inkompatiblen“ Methoden (CAD und manuelle Arbeit), Modellen (physisches Modell, Punktwolken und verschiedene CAD-Flächenbeschreibungen) sowie Systemen (CAD und CAS).

Der Grund für all diese Bruchstellen ist die herausragende Bedeutung des physischen Modells für den Ablauf. Trotz aller Bemühungen in Richtung *digital mock-up* und *virtual reality* ist aus heutiger Sicht eine vollständige Ersetzung des Modells durch rechnerbasierte Techniken im ästhetischen Design nicht möglich und wird es auf absehbare Zeit nicht werden.

Allenfalls die Reduzierung der Anzahl von Modellen und die Konzentration auf ihre tragende Bedeutung für die Karosseriedaten (für die Freigabe und als Referenzmodell zur Kommunikation der Design-Absicht) kann als kurz- bis mittelfristiges Ziel angegangen werden.

Das Alternativszenario eines Arbeitens mit CAD-Methoden direkt auf hochpräzisen Punktwolken anstatt auf mathematischen Flächenbeschreibungen als Datenbasis, das als Schließung der qualitativen Lücke propagiert wird, findet momentan auf der Anwenderseite viele Befürworter. Dazu sei kritisch angemerkt, daß es einerseits die erforderlichen, mächtigen CAD-Werkzeuge für die Manipulation von Punktwolken (noch) nicht gibt und andererseits damit das Problem der Kommunikation der ästhetischen Form auch nicht gelöst ist. Was nämlich die Arbeit mit Punktdaten nie gewährleisten kann ist die Beibehaltung des vom Designer beabsichtigten Charakters des Produktes - die Design-Absicht (*design intent*).

Innerhalb dieses Problemfeldes hat es sich das Projekt FIORES zum Ziel gesetzt, das Erreichen der gewünschten Form in Flächenqualität und ästhetischem Charakter zu vereinfachen. Die allgegenwärtigen *trial and error*-Schleifen des Sich-mühsam-Herantastens sollen ersetzt werden durch ein geradliniges, zielgesteuertes Modellieren (*target driven design*).

## 4 Zielgesteuertes Modellieren

Solange ein Designer manuell und mit einfachen Werkzeugen an einem Objekt arbeitet, vereinigt er alle benötigten Fähigkeiten in einer Person, um einem Produkt die gewünschte Form zu geben. Er hat eine Vorstellung von dem, was er erreichen will, er kennt das zu bearbeitende Material, er weiß, wie er seine Werkzeuge verwenden muß, und er kann entscheiden, wann er mit dem Ergebnis zufrieden ist.

Sobald eine Prozeßkette mit verschiedenen Spezialisten und hochtechnisierten Werkzeugen ins Spiel kommt, treten fast zwangsläufig zwei Probleme auf:

- *Das Erreichen der Qualität*

Der direkte Bezug des Designers zu Werkzeug und Material geht verloren. Während der Arbeit am CAD-Modell weiß der Benutzer trotz schattierter 3D-Visualisierung nie so recht, wie nahe er seinem Ziel einer qualitativ hochwertigen Fläche schon gekommen ist.

- *Das Beibehalten der Design-Absicht*

Wenn die Arbeitsergebnisse von einer Person an die nächste weitergegeben werden - als Beispiel hier vom Designer an den CAD-Konstrukteur -, so weiß der Konstrukteur nie, wann er bei Erreichen seines Ziels (qualitativ gute Flächen) auch das des Designers (die harmonische Form) erreicht hat, weil sich dessen Intention kaum in Worte fassen läßt.

Zur Lösung des ersten Problems, bei dem es um die Erreichung einer hochwertigen Flächenqualität des CAD-Modells geht, wurden bereits einige Hilfsmittel entwickelt, die dem Konstrukteur eine Idee davon geben, wie gut seine Flächen sind. Neben der hochauflösenden Schattierung des Objekts sind dies vor allem „Beurteilungslinien“, die natürliche Eigenschaften eines 3D-Objektes simulieren [4]. Die Palette reicht von Schnittkurven über Reflexionslinien bis zu speziellen Krümmungslinien. Wie diese Linienmuster zu interpretieren sind, d.h. wann sie eine „gute“ und wann sie eine „schlechte“ Fläche anzeigen, ist nicht eindeutig. Vielmehr erlernt es der Konstrukteur in der Praxis anhand von Beispielen, genauso wie er mit der Zeit lernt, die Flächen so zu gestalten, daß am Ende auch die aus ihr abgeleiteten Beurteilungslinien „gut“ sind.

Hier nun setzt FIORES an mit dem Konzept des *target driven designs*, bei dem die oft frustrierende Schleife, bestehend aus Flächenänderung und anschließender Bewertung mittels Beurteilungslinien aufgebrochen und umgekehrt wird. Statt dessen wird dem Konstrukteur die Möglichkeit gegeben, sein Ziel - etwa Linienmuster - zu definieren und dann das CAD-System nach einer zugehörigen guten Fläche suchen zu lassen.

Versuche dieser Art gab und gibt es bereits, allerdings kämpfen sie alle mit dem Problem der Mehrdeutigkeit bzw. Unlösbarkeit der Aufgabe. So kann eine vorgegebene Reflexionslinie durch genau eine, unendlich viele oder eben gar keine sie tragende Fläche erzeugt werden. Hier ist es Aufgabe des Systems, den Benutzer intelligent durch die Anwendung zu führen, ohne ihm das Gefühl zu geben, kaum noch Einfluß auf das Ergebnis zu haben. Der Mensch steht im Vordergrund, und daher müssen Automatismen und menschliches Eingreifen (Interaktion) im Arbeitsablauf flexibel verbunden werden.

Das zweite Problem ist ungleich schwieriger zu lösen, gilt es doch, die Intention des Designers anderen Prozeßbeteiligten zu vermitteln und als handhabbare Steuergröße zu verwenden. FIORES versucht auch hier zu Ergebnissen zu kommen, die aufzeigen, daß ein Konstruieren mit vom Design vorgegebenen Intentionen, ein *intent driven design*, möglich ist, etwa mit Hilfe von charakteristischen Mustern.

Beiden Lösungsansätzen liegt ein zielgesteuertes Vorgehen zugrunde, das sich mit dem englischen Begriff *engineering in reverse (EiR)* beschreiben läßt. Ganz allgemein steht EiR für den Prozeß der Generierung eines Modells anhand seiner gewünschten Eigenschaften. Wie bereits erwähnt, besteht aber in der Regel kein in beiden Richtungen eindeutiger Zusammenhang zwischen Modell und Eigenschaften, so daß der Prozeß letztendlich eine Optimierungsschleife beinhaltet, die ein Startmodell soweit verfeinert, bis es den Eigenschaften *so nahe wie möglich* kommt.

Die Kriterien zu definieren, nach denen die Güte des Modells beurteilt wird, ist in höchstem Maße nicht-trivial und kann von Benutzer zu Benutzer schwanken. Um es deutlich zu sagen: FIORES kann und will nicht Normen dafür aufstellen, was eine gute Form ist und was nicht, sondern die Kriterien formalisieren, mit denen die Designer und Konstrukteure die Güte ihrer Modelle beurteilen, um sie dann einer (halb-) automatischen EiR-Verarbeitung im CAD zugänglich zu machen.

FIORES verfolgt zwei Strategien des Engineering in Reverse:

### Direkter Ansatz

Hier werden die Fälle betrachtet, die sich mathematisch in Gleichungen fassen und dann eindeutig lösen lassen [1]. Der Anwendungsfall sieht so aus, daß der Konstrukteur ein Modell erstellt und diverse Randbedingungen (z. B. Stetigkeiten) vorgibt. Eine Evaluation der Flächenqualität verläuft unbefriedigend, etwa weil der Verlauf von Schattenlinien auf dem Modell zu viele störende Oszillationen aufzeigt. Er gibt nun neue, ihm besser erscheinende Linien vor, worauf das System aus seinen Vorgaben die zum Problem gehörenden Gleichungen errechnet und löst. Der Konstrukteur erhält als Ergebnis eine Fläche mit seinen eingegebenen Schattenlinien.

Der direkte Ansatz hat zwar den Vorteil, genau das gewünschte Ergebnis zu liefern, ist aber nicht immer anwendbar oder fordert für einen industriellen Einsatz zu harte Randbedingungen.

### Optimierungsansatz

Im Gegensatz dazu liefert der Optimierungsansatz [3] mit seiner Regelschleife immer eine Lösung (Abbildung 3), wobei diese sich allerdings recht deutlich von der gewünschten unterscheiden kann. Berechnet wird die nach vorgegebenen Randbedingungen beste Lösung, d.h. die Lösung, die unter einem speziellen Kriterium dem Wunschziel so nahe wie möglich kommt. Aber die „beste“ Lösung muß nicht zwangsläufig „gut“ sein. Die Kunst ist es, eine Lösung zu finden, die trotz evtl. unterschiedlichem Aussehen so gut ist wie die angestrebte.

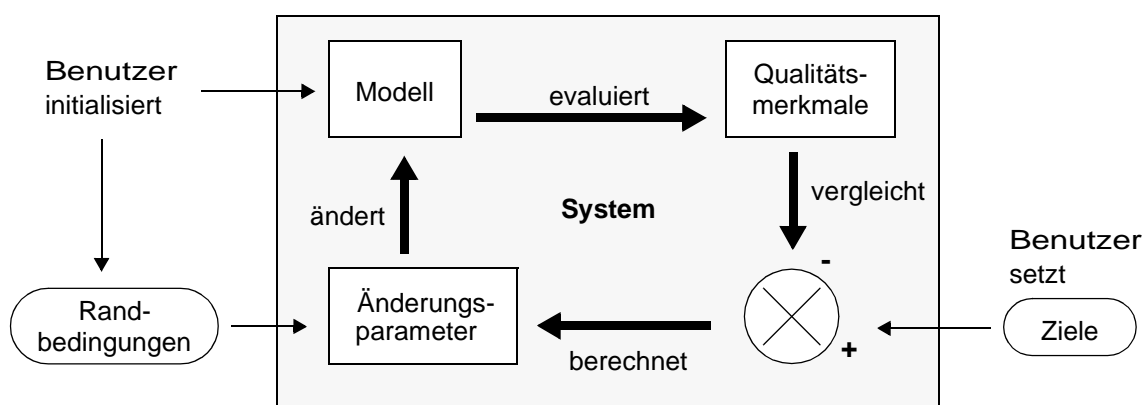


Abbildung 3: Optimierungsansatz des EiR

Figure 3: Optimization approach for EiR

Bei aller Automatisierung muß bedacht werden, daß Intentionen umgesetzt werden sollen, die von Menschen stammen. Designer und Konstrukteur werden stets am besten beurteilen können, ob ein Modell gut ist oder nicht. Deshalb muß ihnen immer die Möglichkeit zur manuellen Korrektur gegeben sein. Im Bereich des *Aesthetic Design* sind Interaktivität und die Echtzeitrückkopplung zur Qualitätskontrolle nicht wegzudenken.

## 5 Verbesserung des Design-Prozesses

Wie kann nun eine konsequente Anwendung von EiR-Methoden dabei helfen, die in Kapitel 2 aufgezeigten Lücken zu schließen und die Abläufe hinsichtlich Effizienz und Qualität zu verbessern?

Der manuelle Design-Prozeß am physischem Modell behält seine Daseinsberechtigung und soll nicht durch computergestützte Verfahren überflüssig gemacht werden. Angestrebt wird aber, die manuellen Verfahren auf die reine Formfindung und die abschließende End-evaluation zu begrenzen, damit es keine Vermischung zwischen physischem Modell und CAD-Modell mehr gibt. FIORES strebt allerdings an, durch intuitive, leicht zu bedienende und aussagekräftige CAD-Werkzeuge die Hemmschwelle der Designer bzgl. des Rechneinsatzes herabzusetzen. Dadurch würde früher im Ablauf mit CAD/CAS gearbeitet als bisher, mit allen erwähnten positiven Folgen.

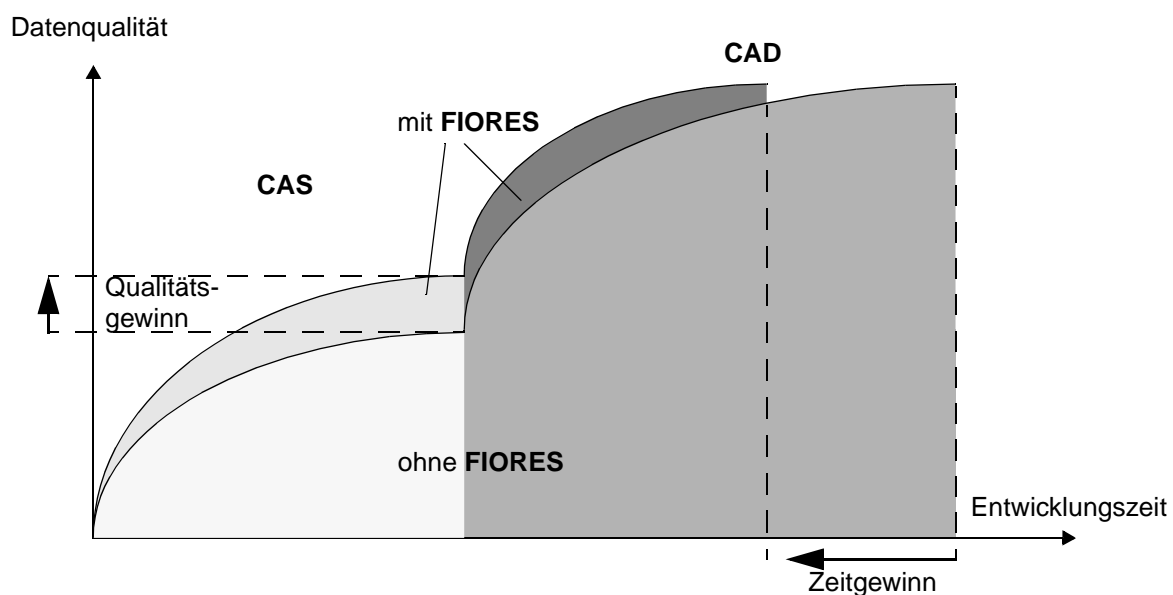


Abbildung 4: Erwartete Verbesserungen im Arbeitsablauf ohne physisches Modell

Figure 4: Expected improvements in the workflow without physical model

Für CAS/CAD-Prozesse mit Flächenrückführung propagiert FIORES wie bereits erwähnt einen Übergang zum Arbeitsablauf ohne Flächenrückführungsschleife, um den harten Datenbruch mit Qualitätsverlust von der hochwertigen Konstruktionsfläche zur minderwertigen Rückführungsfläche zu vermeiden.

Ist dies erreicht, gilt es bei der Variante ohne Flächenrückführung nun noch, die Datenqualität des CAD schon im CAS zu erreichen, so daß mit CAS-Daten sofort im CAD weitergearbeitet werden kann (Abbildung 4). Außerdem wird sich durch die konsequente Anwendung von EiR-Methoden auch auf Eigenschaften des Produktes, die seinen spezifischen Charakter ausmachen, der Übergang vom Design zur Konstruktion erheblich vereinfachen lassen. Es wird nicht mehr an Flächen geändert bis die Flächenqualität und/oder die Formcharakteristik erreicht ist, sondern die Qualitätsmerkmale selbst werden vorgegeben bzw. geändert und die zugrunde liegende Fläche vom System entsprechend angepaßt.

Da die EiR-Methoden prinzipiell auch in anderen Arbeitsabläufen mit computergestützten Hilfsmitteln eingesetzt werden können, ist eine Optimierung dieser Abläufe (d.h. bessere Flächenqualität in kürzerer Zeit) selbst bei Beibehaltung der Flächenrückführung möglich.

Die durch FIORES angestrebten Ziele, die alle zu Verbesserungen des *Aesthetic Design*-Ablaufes beitragen, lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- Einführung computergestützter Werkzeuge für ein zielgesteuertes Modellieren.
  - Vermeiden langwieriger Optimierungsschleifen
  - Vermeiden von physischen Modellen zur Evaluation
  - Vermeiden von Flächenrückführung
  
- Garantieren einer hohen Datenqualität der erzeugten CAD/CAS-Flächen.
  - Kein Qualitätsverlust zwischen CAS und CAD.
  - Vermeiden von physischen Modellen als Referenzmodelle.
  
- Bereitstellung einer intuitiven Benutzerschnittstelle
  - Bereitschaft von Designern, mit Computern zu arbeiten, zufriedene Benutzer.

## 6 Umsetzung innerhalb des FIORES-Projektes

In der ersten Projektphase (*Task 1*) galt es, die verschiedenen Anwenderfirmen nach Unterschieden und Gemeinsamkeiten der Design-Prozesse zu untersuchen (Abbildung 5). Dazu wurden mit Designern und Konstrukteuren Befragungen durchgeführt, die mit Beispielen und Szenarien illustriert wurden. Die Arbeitsbereiche der befragten Spezialisten sowie deren Hilfsmittel und Werkzeuge unterschieden sich teils erheblich und zeigten andererseits immer wiederkehrende ähnliche Probleme auf.

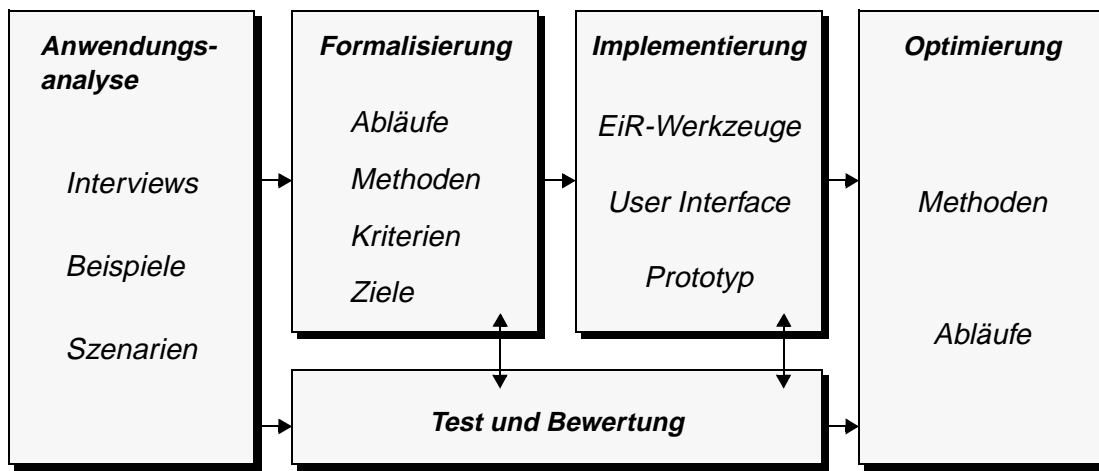


Abbildung 5: Arbeitsplan des FIORES Projektes

Figure 5: Work plan for the FIORES project

Die Auswertung der Befragung lieferte Informationen über die verschiedenen Aspekte des Arbeitsablaufs. Darunter sind hervorzuheben die abgrenzbaren Arbeitsschritte der Personen, die ihnen zur Verfügung stehenden Hilfsmittel und ihre Zufriedenheit bzw. Unzufriedenheit damit. Viele Probleme wurden diskutiert und Wünsche zur Verbesserung geäußert. Besonderer Wert wurde auf Verbesserungen der Benutzerschnittstelle gelegt (*Task 3*).

Im bezug auf die in FIORES geplanten EiR-Werkzeuge war es besonders wichtig, die Informationen über die Arbeitsziele, die wichtigsten Produktmerkmale und die Qualitätskriterien zur Beurteilung der Güte des Produktes zu erhalten. Zu diesem Zweck wurde ein projektinternes Wörterbuch angelegt, das die Merkmale umgangssprachlich und mathematisch verwertbar beschreibt. Darin aufgenommen wurden z. B. die verschiedenen Arten von Bewertungslinien von Schnittkurven über Reflexionslinien bis hin zu Charakterlinien.

An die Bestandsaufnahme schließt sich die Formalisierung der Ergebnisse an (*Task 2*). Dies bedeutet für die Abläufe, daß diese detailliert explizit gemacht und damit die auftretenden Probleme eingekreist werden. Des weiteren dient der Vergleich verschiedener CAD-Sy-

steme dazu, deren gute Eigenschaften für eigene Benutzerschnittstellen zu extrahieren und die unerwünschten zu vermeiden.

*Task 4* liefert mit sehr flexiblen Flächenmodifikationsfunktionen und allgemein einsetzbaren Optimierungswerkzeugen die nötigen algorithmischen Voraussetzungen für eine Implementierung von EiR-Werkzeugen. Essentiell für deren erfolgreichen Einsatz ist allerdings die von *Task 2* geleistete mathematische Formalisierung der erwähnten Ziele, Merkmale und Kriterien.

Am Ende der Software-Entwicklung innerhalb des Projektes steht ein Prototyp, der im industriellen Umfeld einsetzbar sein wird und damit eine aussagekräftige Bewertung der Projektergebnisse durch die Anwenderfirmen möglich macht (*Tasks 6 und 7*).

Das FIORES-Konsortium wurde mit dem Ziel zusammengestellt, die Bereiche der Forschung, der industriellen Anwendung und der CAD-Systemhersteller miteinander zu verbinden.

Der *Lehrstuhl für Rechneranwendung in der Konstruktion an der Universität Kaiserslautern* agiert als Koordinator der 12 Partner aus 6 Ländern und bringt seine Erfahrungen im Bereich der CAD/CAM Technologie und der Benutzerschnittstellen ein. Weitere Forschungsinstitute sind das italienische *IMA-CNR (Istituto per la Matematica Applicata del Consiglio Nazionale delle Ricerche, Genua)* mit einem Schwerpunkt im Feature-basierten Modellieren und das spanische *CIMNE (Centro Internacional de Métodos Numéricos, Barcelona)* mit seiner Expertise im *Computer Aided Geometric Design*. *MATRA DATAVISION* mit Sitz in Paris ist hauptverantwortlich für die CAD Entwicklung innerhalb FIORES, während die belgische *SAMTECH (Liège)* und die schwedische *UDK Utveckling (Göteborg)* mit spezieller Software für Optimierungsaufgaben bzw. die mathematischen Grundlagen des EiR beteiligt sind. Eine Brücke zu den industriellen Anwenderfirmen bildet das ebenfalls in Göteborg ansässige Konstruktions- und Designbüro *FORMTECH*, das auch spezifische Anwendungssoftware schreibt. Reine Anwendungsfirmen im Konsortium sind *BMW (München)*, *PININFARINA Studi e Ricerche (Turin)*, und *Saab Automobile (Trollhättan)* mit ihren Abteilungen für Außenhautkonstruktion bzw. Styling.

Es ist nun der Hauptgedanke von FIORES, nicht die einzelnen Expertengruppen unabhängig voneinander arbeiten zu lassen und die Resultate zusammenzuführen, sondern frühzeitig für Gedankenaustausch und positive Rückkopplung zu sorgen, indem die Anwender schon bei der Erstellung der Konzepte zu Rate gezogen werden (was eigentlich eine Selbstverständlichkeit sein sollte) und die Ergebnisse im industriellen Einsatz getestet werden.

## 7 Bewertung der Resultate

Der Software-Prototyp hat bei der Bewertung der Ergebnisse mehrere Funktionen. Zuerst soll er natürlich die Vorteile der neuen EiR-Funktionalitäten klar belegen. Seine Benutzerschnittstelle wird, da sie in enger Kooperation mit den Anwendern entsteht, den Bedürfnissen der beteiligten Spezialisten gerecht werden.

Die Evaluation des Prototyps innerhalb verschiedener industrieller Umgebungen und Anwendungen wird zeigen, daß Forschungsergebnisse sehr schnell Einzug in produktive Arbeitsabläufe finden können. Dies gilt für große Firmen im Automobilsektor ebenso wie für Zulieferer und kleine Design-Studios.

Da die objektorientierte Implementierung des Prototyps auf einer offenen Architektur beruht und die einzelnen funktionalen Bausteine klar voneinander abgegrenzt sind, öffnet sich hier der Weg hin zu einer konsequenten Komponententechnologie, die vom monolithischen CAD-Großsystem Abschied nimmt. Dies wird großen Firmen Vorteile bei der Flexibilisierung ihrer Prozesse geben und kleinen Firmen die Möglichkeit eröffnen, erschwingliche, maßgeschneiderte Kleinsysteme einzusetzen.

FIORES wird auf dem Gebiet des *Aesthetic Design* zu einem Durchbruch führen in Richtung zielgesteuerten Arbeitens, durchgehender Datenqualität, Optimierung der Arbeitsabläufe und Unterstützung von Komponententechnologie.

## 8 Literatur

- [1] R. Andersson. Surface design based on desired shadings, isophotes or curvatures. In: [5], S. 91-102
- [2] M. Bergmann, J. Hunold, S. Mooshake, M. Schulze, P. Zimmermann. Global Virtual Studio - Interaktive Evaluation von Design-Konzepten in verteilten Virtuellen Umgebungen. *Tagungsband CAD '98 Tele-CAD*, S.22-33, Darmstadt, März 1998
- [3] P. Bosinco, G. Durand, J. Goussard, A. Lieutier, A. Massabo. Complex shape modifications. *IDMME '98 Konferenz*, Compiègne, Mai 1998, to be published
- [4] H. Hagen, S. Hahmann, et al.: Curve and Surface Interrogation. *Focus on Scientific Visualization*, Hagen-Mueller-Nielson (Eds.), p. 243-258, Springer 1993
- [5] J. Hoschek, W. Dankwort (Eds.) *Reverse Engineering*, Teubner Stuttgart 1996
- [6] M. Warmedinger, N. Treptow. Qualitätsmanagement der Geometriedaten in der Karosserieentwicklung durch integrierten Einsatz von CAD und Modelltechnik. *VDI-Berichte 1264, Entwicklungen im Karosseriebau*, Hamburg 1996, S. 369-404.