

**Sonderausstellung Bionik auf der GIFA 2007.** Der Begriff „Bionik“ ist eine Kombination der Begriffe Biologie und Technik. Die Wissenschaft der Bionik erforscht die genialen Entwicklungen der Natur und versucht die Vorgaben aus der Natur in die verschiedensten Bereiche der Technik zu übertragen. Auf der GIFA 2007 „Sonderausstellung Bionik“ (Halle 10, GIFA-Treff) werden die unterschiedlichen Disziplinen aus den Bereichen der Bionik ausgeleuchtet. Exponate verschiedener Aussteller tragen eindrucksvoll dazu bei, die Welt der Bionik zu verstehen und zu begreifen und darüber hinaus ein tiefgründiges Verständnis für diese noch junge Wissenschaft zu entwickeln. Die Sonderausstellung Bionik ist auf etwa 500m<sup>2</sup> in mehrere Schwerpunktthemen gegliedert.

> [www.vdg.de](http://www.vdg.de); [www.gifa.de](http://www.gifa.de)

## Evolutionäre Strategien zur Gestaltung moderner Gussbauteile

VON JOHANNES BECKMANN, GÜTERSLOH

In den letzten Jahren hat die Bionik als neue interdisziplinäre Wissenschaft viel Aufsehen erregt. Der Begriff „Bionik“ setzt sich aus „Biologie“ und „Technik“ zusammen und beschreibt die technische Umsetzung des Wissens, das durch den Menschen von der Natur kopiert wird. Obwohl der Begriff relativ neu ist und die Bionik erst sehr kurz als anerkannte Wissenschaft existiert, gehen ihre Wurzeln bis in das 16. Jahrhundert zurück. Ein bekanntes Beispiel dafür sind die Beobachtungen des Vogelfluges des Leonardo da Vinci, der diese auf die Gestaltung seiner Flugmaschinen übertrug. Mittlerweile wird die Bionik als grenzüberschreitende Wissenschaft genutzt, um zum einen für bekannte technische Probleme neue Lösungsansätze zu finden und zum anderen außergewöhnliche Entwicklungen der Natur zu erkennen, zu analysieren und technisch nutzbar zu machen, die bisher noch nicht in einem technischen Zusammenhang bekannt waren. So konnten durch die Bionik wichtige Entwicklungen im Bereich der strömungsgünstigen Gestaltung von Schiffen und Flugzeugen gemacht werden. Die Entdeckung der wider-

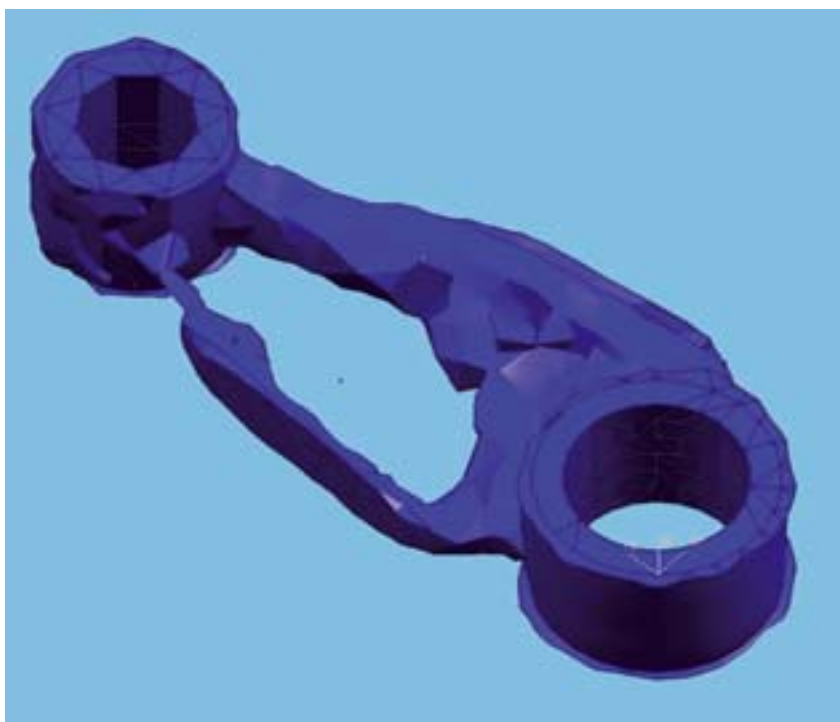
standsarmen Haifischhaut ermöglichte die Entwicklung einer Folie, die, angebracht an Flugzeugrümpfen, den Strömungswiderstand senkt und so hilft, wertvollen Treibstoff zu sparen. Beobachtungen an der Lotusblume, auf deren Blättern Schmutz und Wasser keinen Halt finden, so dass diese bei Regen völlig gesäubert werden, regten an, diese Eigenschaft näher zu untersuchen. Mittlerweile existieren mehrere Anwendungsbeispiele wie Dachziegel und Sanitärkeramik, die diesen Effekt nutzen.

standarmen Haifischhaut ermöglichte die Entwicklung einer Folie, die, angebracht an Flugzeugrümpfen, den Strömungswiderstand senkt und so hilft, wertvollen Treibstoff zu sparen. Beobachtungen an der Lotusblume, auf deren Blättern Schmutz und Wasser keinen Halt finden, so dass diese bei Regen völlig gesäubert werden, regten an, diese Eigenschaft näher zu untersuchen. Mittlerweile existieren mehrere Anwendungsbeispiele wie Dachziegel und Sanitärkeramik, die diesen Effekt nutzen.

### Bionische Gestaltoptimierung wird immer wichtiger

Man unterteilt die Bionik im Allgemeinen in die vier großen Bereiche der Konstruktions-, Struktur-, Verfahrens- und der Informationsbionik. Die Teilbereiche Konstruktions- und Strukturbionik beschäftigen sich hierbei mit der Konstruktion und der Fertigung von Struktur- und Maschinenbauteilen und sind daher sowohl für die Konstrukteure als auch für die Hersteller solcher Bauteile interessant.

Die bionische, softwareunterstützte Bauteiloptimierung ermöglicht es, Bauteile nach Prinzipien ähnlich denen des Baum- oder Knochenwachstums so zu gestalten, dass sie optimal an ihre jeweilige Einsatzumgebung angepasst sind. Knochen besitzen nämlich die Eigenschaft, Material an Stellen, wo durch wiederkehrende Belastungen Spannungsspitzen entstehen, aufzubauen. Um bei ausreichender Stabilität die Masse des Knochengestüts möglichst niedrig zu halten, können Knochen aber auch nicht benötigtes Material wieder abbauen. Dieses Prinzip kann durch mathematische Algorithmen abgebildet und in eine Software umgesetzt werden.



FOTOS: CLAAS GUSS

Bild 1: Darstellung eines Optimierungsergebnisses als STL-Geometrie

**Bild 2: Berücksichtigung der Formteilung bei der Optimierung**



Die bionische Gestaltoptimierung kann sowohl zur Bearbeitung bereits vorhandener Bauteile als auch zur Gestaltfindung neuer Teile verwendet werden, für die noch keine gültige Geometrie besteht.

Bei der konventionellen Entwicklung technischer Systeme werden in einem der eigentlichen Entwicklungsarbeit vorangestellten Arbeitsschritte die Funktionsweise und weitere zielbestimmende Eigenschaften eines Produktes, die auch die Bauweise betreffen, festgelegt. Danach werden zu einzelnen Baugruppen und Bauteilen Entwürfe erstellt, die vorrangig auf der Erfahrung und Intuition des Konstrukteurs beruhen.

Durch die Strukturbionik, deren Eigenschaften in verschiedenen Softwarepaketen umgesetzt ist, können die Eigenschaften der Bauteile vieler technischer Systeme wesentlich verbessert werden. Gerade bei den aktuellen Forderungen nach einer geringen Bauteilmasse und den Bestrebungen, immer teurer werdende Ressourcen einzusparen, kann dieses Vorgehen hilfreich sein. So können Entwürfe erstellt werden, die an ihre jeweilige Einsatzumgebung optimal angepasst sind. Man erhält dadurch schnell einen Eindruck der ungefähren Gestalt der einzelnen Bauteile und kann sich mit ihrer detaillierten Konstruktion befassen (Bild 1). Die Möglichkeit, durch bionische Optimierung schnell Bauteilentwürfe generieren zu können, hilft Kosten einzusparen.

#### **Gießen – ein ideales Verfahren zur Herstellung optimierter Bauteile**

Besondere Beachtung muss allerdings der Berücksichtigung der angrenzenden Bauteile innerhalb der Baugruppe und der Lastanforderungen auf das zu optimierende

Bauteil geschenkt werden, da diese die Randbedingungen für die Optimierung darstellen. Das optimierte Bauteil ist in seiner Geometrie sowohl für alle berücksichtigten Lastfälle optimiert als auch für den Raum, der ihm zur Verfügung steht. Es ist also als Spezialist für die ihm zugeordnete Aufgabe anzusehen. Eine nicht berücksichtigte Anforderung kann, wenn sie auf das Bauteil trifft, allerdings zu einer nicht vorhersagbaren Reaktion führen und so zur Beeinträchtigung der Funktion des Gesamtsystems. Bei besonders komplexen Systemen von Baugruppen ist hierbei also zu bedenken, inwiefern durch Abhängigkeiten

auf diese Weise durch die Strukturoptimierung entwickelten Geometrien im Allgemeinen keine Regelgeometrien verwenden, sondern aus Freiformgeometrien bestehen, benötigt man natürlich zur späteren Fertigung solcher Bauteile auch ein Verfahren, das dies umsetzen kann. Die Freiheit der Formgebung, die hierbei das Gießen ermöglicht, lässt die mit der Strukturoptimierung entwickelten Freiformgeometrien ideal umsetzen. Die relativ geringen Einschränkungen auf die Geometrie durch Fertigungsverfahren lassen sich bei der Optimierung durch entsprechende Parameter berücksichtigen.

---

### „Eine frühe Einbindung der Gießerei in die Entwicklungsprojekte ihrer Kunden ist hierbei die Grundlage für den erfolgreichen Einsatz der Strukturoptimierung“

---

innerhalb des Systems ein Teil oder sogar eine gesamte Baugruppe zur Optimierung eines einzelnen Bauteils herangezogen werden müssen. Diese mechanischen Abhängigkeiten äußern sich zunächst in elastischen Bauteilverformungen der Bestandteile einer Baugruppe, hervorgerufen durch Lasteinwirkungen und durch die gewählte Verteilung der Lagerstellen. Daraus entstehende Spannungskonzentrationen innerhalb bestimmter Bauteile können dann auch zu einer Schädigung dieser Teile führen und als Folge daraus zu einer Funktionsstörung des Gesamtsystems. Da die

sichtigen. So existieren Funktionen, die für eine gültige Formschräge der entstehenden Geometrie sorgen oder die eine bestimmte Mindestwandstärke für gefundene Strukturen einhalten. Es lassen sich auch Formteilungen (Bild 2) und Kernbereiche vorbereiten.

#### **Intensive Kooperation zwischen Kunde und Gießerei ist wichtig**

Eine frühe Einbindung der Gießerei in die Entwicklungsprojekte ihrer Kunden ist hierbei die Grundlage für den erfolgreichen Einsatz der Strukturoptimierung. In



Bild 3: Auf Strukturoptimierung entwickelte Gusskonstruktion eines Wendepfluglenkers/Lenkergeometrie nach Berücksichtigung aller Fertigungsrestriktionen (inkl. Farbgebung)

„Als Optimierungsziele kommen Systemantworten in Frage, wie die Masse oder die Eigenfrequenz oder Funktionen, die verschiedenen Systemantworten miteinander kombinieren“.

Verbindung mit einer frühen Zusammenarbeit aller an der Konstruktion und der Fertigung Beteiligten, wird durch die Strukturoptimierung so wertvolle Entwicklungszeit gespart und für eine gleichbleibend hohe Qualität der Produkte gesorgt. Bei CLAAS GUSS wird dieser Weg seit langer Zeit erfolgreich verfolgt. Dort

steht den Kunden bereits seit längerer Zeit ein interdisziplinäres Ingenieurteam zur Verfügung. Dieses Team bietet Unterstützung – angefangen bei Fragen der Fertigungstechnik und Werkstoffauswahl bis hin zur Erstellung in der Struktur optimierter Bauteilentwürfe, die in enger Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Kun-

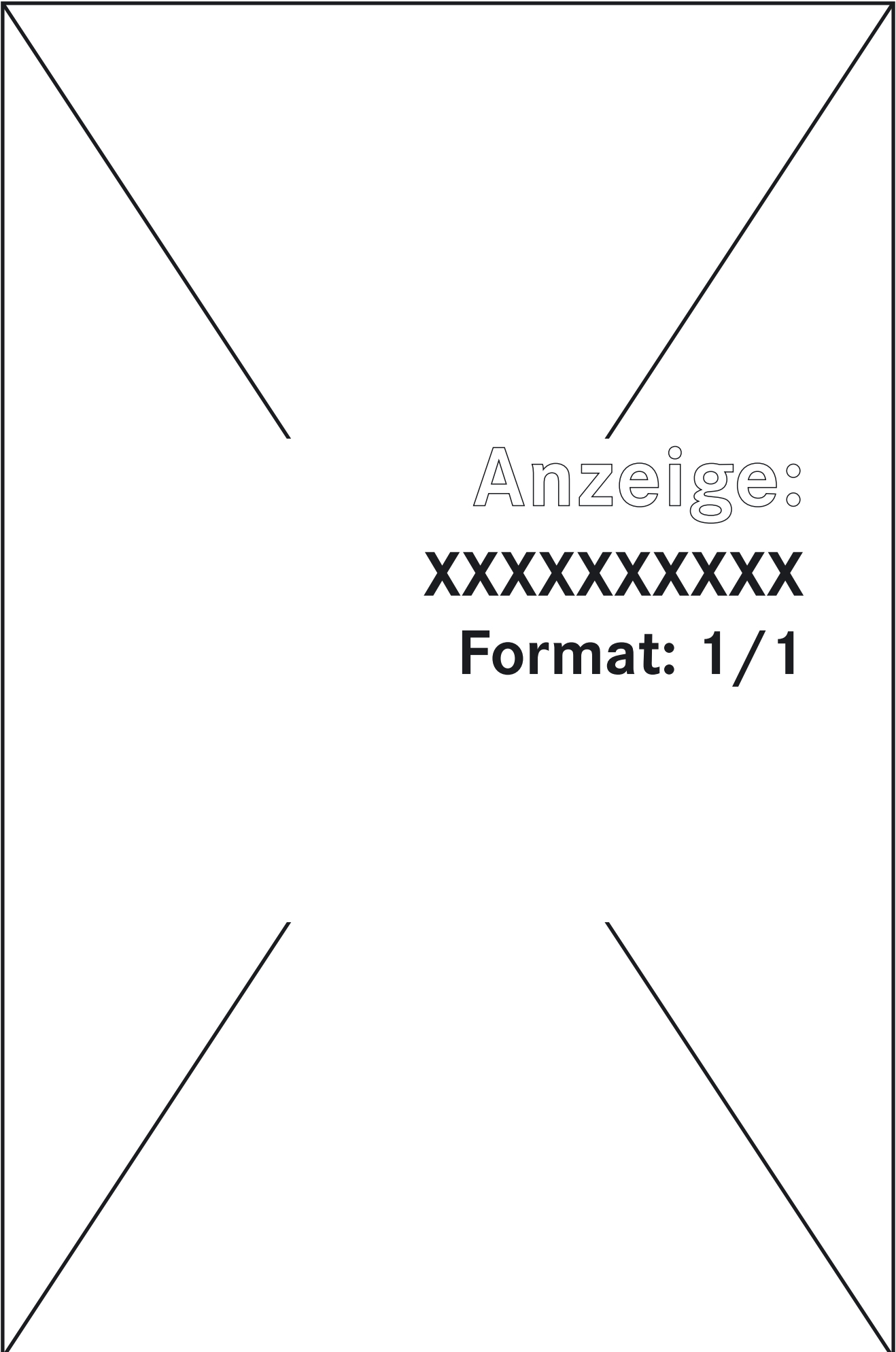
den durch die Gießerei erstellt werden. Der Kunde als Experte für die Funktion behält dabei die Konstruktionsverantwortung. Ein besonderer Vorteil der gemeinsamen Entwicklung eines Gussbauteiles ist die Berücksichtigung weiterer Fertigungsschritte, aus denen sich weitere Restriktionen für die Konstruktion ergeben können. Diese Restriktionen können durch die Bearbeitung oder auch durch die zu verwendende Oberflächenbeschichtung entstehen (Bild 3). Ein optimiertes Gussbauteil ist daher immer auch ein Kompromiß vieler verschiedener Optimierungsziele.

Durch die große Anzahl darstellbarer Lastfälle, die mit Hilfe eines linearen FEM-Solvers gerechnet werden können, umfasst die Strukturoptimierung alle Gebiete des allgemeinen Maschinenbaus, wobei die Komplexität des Modells stets in das Verhältnis zur Rechenzeit gezogen werden muss. Durch ihre vielseitige erfolgversprechende Einsetzbarkeit ist die Strukturoptimierung ein immer stärker gefragtes Angebot im Kundenkreis der CLAAS GUSS GmbH.

Als Optimierungsziele kommen Systemantworten in Frage, wie die Masse oder die Eigenfrequenz oder Funktionen, die verschiedene Systemantworten miteinander kombinieren. Es ist also möglich, die Masse eines Bauteils auf ein Mindestmaß zu verringern oder in Verbindung mit dem Verfahren Gießen eine Geometrie zu entwickeln, die eine sehr gleichmäßige Spannungsverteilung aufweist. Dies ist besonders für dynamisch stark belastete Bauteile ein Vorteil. Erst die neugestaltete Gussgeometrie eines Motorhalters (Bild 4) ermöglichte eine ausreichende



Bild 4: CAD-Modell eines strukturoptimierten Motorsockels



Anzeige:

**XXXXXXXXXX**

**Format: 1 / 1**

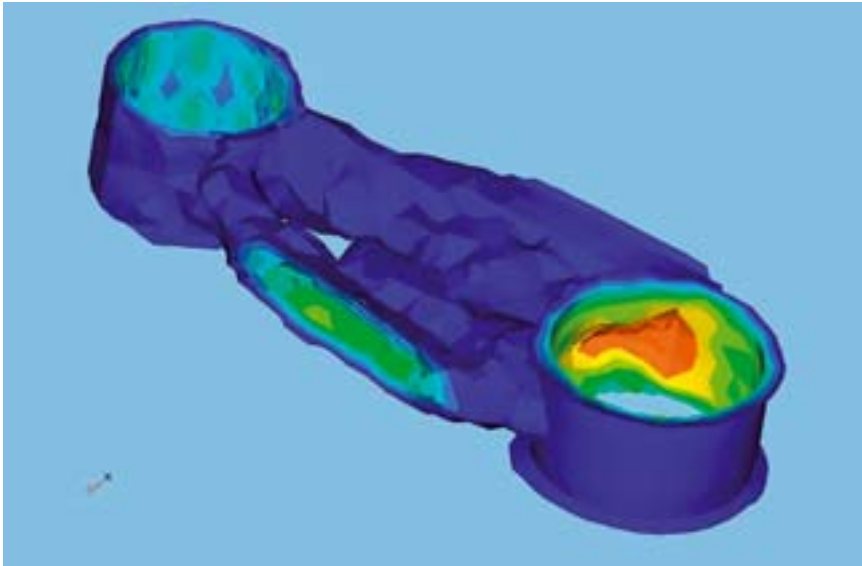


Bild 5: Ergebnisdarstellung einer Strukturoptimierung als Grenschichtmodell

Haltbarkeit des Bauteiles, das besonders durch im Einsatz auftretende starke Schwingungen belastet ist. Die Optimierung des Lenkers (Bild 3) eines Wendepfluges ermöglichte es, die Masse des Schweißteiles von ca. 96 kg auf eine Masse von ca. 76 kg des neu gestalteten Gussteiles zu reduzieren. Ebenso war es möglich, die Anzahl der zur Fertigung verwen-

deten Kerne auf nur einen zu reduzieren, um die Fertigungskosten zu verringern. Besonders bei hoch belasteten Baugruppen wie der eines Wendepfluges stellt sich der gezielte Einsatz der Strukturoptimierung als großer Vorteil heraus, da eine Reduzierung der Masse jedes Einzelteiles einen großen Vorteil für die Handhabung des fertigen Gesamtsystems bedeutet.

Zur Darstellung der Ergebnisse dienen beispielsweise Grenschichtmodelle (Bild 5). Für die Deutung und Umsetzung ist Erfahrung von großem Vorteil. So lassen sich die wichtigen Bereiche durch den Konstrukteur als Anwender erkennen. Häufig werden bei der Optimierung die im CAD umgesetzten Ergebnisgeometrien wieder als Eingabe für Folgeoperationen verwendet, bis eine ausreichend genaue Ergebnisstruktur gefunden ist.

Die Haltbarkeit der entstandenen Geometrien wird jeweils durch Einsatz von FEM-Berechnung abgesichert. Die Qualität der Optimierungsergebnisse und ihre Umsetzung stehen hierbei in direktem Zusammenhang zur guten Zusammenarbeit von Kunde und Gießerei.

Durch gezielten Einsatz dieser neuen Werkzeuge lassen sich aus gut an die Anwendungssituation angepassten Einzelbauteilen optimale technische Systeme entwickeln.

Für die CLAAS GUSS GmbH stellt der Einsatz der Strukturoptimierung die Abrundung eines umfangreichen Angebotes für ihre Kunden dar, die dadurch bei der Entwicklung gießgerechter Produkte ideal unterstützt werden, damit sich diese im Einsatz bewähren.

Johannes Beckmann, Product Engineering der CLAAS GUSS GmbH, Gütersloh

## Faszination Bionik

Kurt G. Büchel, Fredmund Malik (Hrsg.): *Faszination Bionik – Die Intelligenz der Schöpfung*. 2006, 428 Seiten, Preis: 49,90 Euro, ISBN-10: 3-939314-00-5

Gäbe es einen Nobelpreis für die aussichtsreichste Zukunftsdisziplin, wäre die Bionik eine der heißesten Anwärterinnen. Die neue Wissenschaft erforscht die genialen „Erfindungen“ der Schöpfung und versucht, diese verblüffend kreative Ideenbörse für die Menschheit nutzbar zu machen. Die Natur kennt weder Energie- noch Rohstoff Sorgen, weder Müllhalden noch lebensbedrohliche Umweltbelastungen. Auch Hunger und Arbeitslosigkeit, Überbevölkerung und Kriege hat die Natur im Verlauf ihrer Entwicklung vermieden beziehungsweise gar nicht erst entstehen lassen. Andererseits liegen Millionen Produkte und Verfahrensweisen – über unvorstellbar lange Zeiträume in zahllosen Testreihen erprobt und bewährt – unerforscht und in ihrer überwiegenden Mehrzahl auch noch völlig unerkannt in den technischen Schatztruhen der Natur verborgen.

Unbeschreiblich viel Entwicklungsarbeit, Zeit und Geld hätte sich der Mensch sparen können, wäre er schon viel früher daran gegangen, die genialen Problemlösungen der Schöpfung großtechnisch zu nutzen, so die zentrale Botschaft der üppig bebilderten und exzellent gemachten Publikation von Kurt G. Büchel und Fredmund Malik. Tipp: wer sich mit dem Thema Bionik beschäftigt, der sollte diesen Band gelesen haben.

