

Industrielle Anwendung der Autogenetischen Konstruktionstheorie

Sándor Vajna
*Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik
Universität Magdeburg*

Die Produktentwicklung ist die wichtigste Aktivität innerhalb des Produktentstehungsprozesses. Mit der Autogenetischen Konstruktionstheorie (AKT) wird die Entstehung eines individuellen Produktes als Analogie zu der Evolution von Lebewesen betrachtet. Dazu werden Begriffe und Verfahren aus der natürlichen Evolution in die Produktentwicklung und ihre jeweiligen (sowie parallel ablaufenden und sich gegenseitig beeinflussenden) Phasen übertragen. Die AKT ist dabei keine "Spielart" der Bionik, denn während die Bionik die Ergebnisse der Evolution überträgt (beispielsweise das Auslegen von technischen Tragwerken analog zu der Gestaltung von Ästen eines Baumes), überträgt die AKT die Vorgehensweisen der Evolution, so dass die AKT auf beliebige Produkte aus beliebigen Domänen anwendbar ist.

In der AKT bilden die Produktentwicklung und die darin enthaltenen Vorgehensweisen, Verfahren und Werkzeuge einen kontinuierlichen evolutionären Prozess von Techniken und Technologien, wobei die Entstehung als ein selbstähnliches und iteratives Vorgehen mit entsprechenden treibenden Kräften aus der Evolution beschrieben wird. Die AKT führt so zu einem besseren Verständnis der Produktentwicklungsprozesse, ermöglicht eine erweiterte Lösungssuche und die sehr frühzeitige Unterstützung kreativer Denkprozesse, so dass leistungsfähigere Produkte entstehen.

Die AKT wird seit 1990 an der Universität Magdeburg und an der Technischen Universität Budapest gemeinsam erforscht und entwickelt. Derzeit wird

sie in Zusammenarbeit mit der Universität Linz (Österreich) auf mechatronische Produkte erweitert. Die Forschungsarbeiten werden von der DFG gefördert.

Ein Teilgebiet der AKT ist die multikriterielle Optimierung von Produkten. Dafür wurde mit NOA ein flexibles und für viele Anwendungsfälle verwendbares modulares Optimierungssystem entwickelt. NOA verwendet dazu eine automatisierte Prozesskette (beginnend beim CAD-System zur Erzeugung verschiedener Ausprägungen des Optimierungsobjektes über die Automation des Preprozessors zur Definition von Lastfällen und Randbedingungen bis zur Lösung der Lastfälle sowie die Extraktion der Zielkriterien und die Berechnung des jeweiligen Fitnesswertes).

Zahlreiche Praxisbeispiele zeigen den erfolgreichen Einsatz von NOA in der Industrie bei sehr verschiedenen Anwendungsfällen. Resultat sind Produkte, die in ihren Eigenschaften wesentlich besser und leistungsfähiger sind als "herkömmlich" entwickelte und optimierte Produkte, beispielsweise:

- Waggonaufsatz für einen Fahrzeughersteller. Dieser weist gegenüber dem Original ein um 10% geringeres Gewicht, um 37% reduzierte Herstellkosten sowie eine um 90% reduzierte Anzahl von Bauteilen auf.
- Bumper-Systeme für einen Zulieferanten der Automobilindustrie. Dabei wurde die Masse des Optimierungsobjektes bei gleichbleibender Leistungsfähigkeit wesentlich reduziert.
- Konverteranlage für einen Automobilhersteller. Durch eine neuartige Anströmung und Variation der Trichterform wurde die Gleichverteilung der Strömung (Uniformity Index) auf der Katalysatoroberfläche um 5% erhöht und so der Wirkungsgrad der Konverteranlage verbessert.

Grundlagen der Autogenetischen Konstruktionstheorie

"Evolution" bedeutet kontinuierliche Entwicklung, dauernde Anpassung und Optimierung zu einem Ziel oder zu mehreren Zielen, die sich während der Evolution selbst auch beliebig verändern können. "Autogenese" beschreibt die daraus resultierende selbstgetriebene Steigerung der Komplexität einer entstehenden Lösung, wobei diese Steigerung entlang der Zeitachse oder durch zunehmende Konkretisierung der Lösung aufgrund geeigneter Entwicklungsaktivitäten oder evolutionärer Operatoren erfolgen kann.

Sowohl die Entwicklung eines neuen Produktes (Neukonstruktion) als auch die Änderung eines vorhandenen Produktes (Anpassungskonstruktion) können aus den Sichten von Evolution und Autogenese als fortlaufende multi-kriterielle Optimierung einer Ausgangslösung beschrieben werden, die unter Anfangs-bedingungen, Randbedingungen und Zwangsbedingungen (die sich ebenfalls alle im Verlauf der Entwicklung beliebig ändern können) verläuft.

Die AKT

- beschreibt und entwickelt ein Produkt parallel anhand der gleichwertigen Sichten Funktionserfüllung, Form und Gestalt, Zuverlässigkeit und Sicherheit, Ergonomie, Preis-Leistungs-Verhältnis, Herstellbarkeit, Wartbarkeit, Nachhaltigkeit (nach dem Magdeburger Ansatz der Integrierten Produktentwicklung). Diese gleichwertigen Sichten werden in einer multikriteriellen und dynamischen Zielfunktion integriert.
- verwendet anstelle des von Anforderungen, Anfangs-, Rand- und Zwangsbedingungen begrenzten "klassischen" Lösungsraums einen nur durch naturwissenschaftliche Gesetze bestimmten Raum, in dem lediglich die Eigenschaften, die die entstehenden Lösungen nicht annehmen dürfen, als Tabuzonen definiert werden ("Verbotsraum").
- beschreibt und modelliert alle Vorgehensweisen, Teilprozesse und Aktivitäten im Entwicklungsprozess mit den evolutionären Operatoren Rekombination, Mutation, vertikaler Gentransfer (Weitergabe von Genen innerhalb der eigenen Art), horizontaler Gentransfer (Austausch von Genen über Artenschränken hinweg) und Selektion.
- erzeugt immer eine Menge gleichwertiger, aber nicht gleichartiger Lösungen, wobei jede dieser Lösungen die Zielfunktion bestmöglich erfüllt.
- unterstützt die Übertragung von Wissen bei der Lösungsfindung und die Suche nach möglichen Analogien aus anderen Fachgebieten.

