Von der biologische Evolution zur Evolutionsstrategie

Technik trifft Biologie (Top-down-Prozess)

Kann man die optimale Lösung für ein Problem finden ohne das Ziel zu kennen? Ja, nach dem Vorbild der biologischen Evolution mit Hilfe der Evolutionsstrategie. Bereits Mitte der 1960er Jahre entwickelten Ingo Rechenberg und Hans-Paul Schwefel ein Optimierungsverfahren, das die Grundmechanismen der biologischen Evolution aus ihrem natürlichen Kontext abstrahiert und auf technische Optimierungsprobleme überträgt.

Technisches Problem: Optimierung

Menschen streben seit Urzeiten danach, Objekte oder Prozesse zu verbessern und für vorgegebene Probleme eine beste Lösung – die Optimallösung – zu finden. In der Mathematik gibt es sogar eine eigene Unterdisziplin, die es sich zur Aufgabe gemacht hat, Lösungsverfahren (Algorithmen) für solche Optimierungsprobleme zu entwickeln. Neben diesen mathematischen Verfahren existieren auch solche, die sich an natürlichen Optimierungsprinzipien orientieren.

Vorbild Natur: Die biologische Evolution

Im Laufe der Entwicklungsgeschichte von 3,8 Milliarden Jahren haben sich Pflanzen und Tiere optimal an ihren jeweiligen Lebensraum angepasst. Zu verdanken ist dies der biologischen Evolution, die durch ein Wechselspiel von Mutation und Rekombination die zugrunde liegende genetische Information ständig variiert und durch anschließende Selektion durchschnittlich nur die besten genetischen Baupläne beibehält.

Mutation: Kleine zufällige Veränderungen im Erbgut, die ihrem Träger entweder Vor- oder Nachteile bedeuten können. Mutationen in Zellen, aus denen Nachkommen entstehen, sind für die Evolution von Bedeutung. Nur die seltenen vorteilhaften Mutationen bewirken einen Fortschritt in der Evolution.

Rekombination: Unter Rekombination versteht man die zufallsmäßige Neukombination des väterlichen und mütterlichen Erbguts im Rahmen der sexuellen Fortpflanzung. Sie trägt zur Erhöhung der genetischen Vielfalt bei.

Selektion: Die Selektion gilt als das eigentliche Steuerelement der Evolution, da sie die anfängliche „Planlosigkeit“ von Mutation und Rekombination (beide beruhen auf Zufallsprozessen) ausgleicht und die Richtung bestimmt, in der sich der Genpool einer Population verändert. Selektion äußert sich in der Regel nicht in der Ausrottung konkurrierender Artgenossen, sondern in unterschiedlichen Fortpflanzungserfolgen.

Bionisches Produkt: Optimierung mit der Evolutionsstrategie

Die Idee, die der Evolutionsstrategie zugrunde liegt, besteht darin, Lösungsvorschläge für ein Optimierungsproblem so lange auf der Basis von Zufallsprozessen (analog der biologischen Mutation) zu verändern und (analog der biologischen Rekombination) untereinander zu kombinieren, bis durch Selektion die optimale Lösung gefunden ist. Dabei nimmt die Evolutionsstrategie in der Bionik eine Sonderstellung ein, weil sie eine universelle Methode ist, mit der verschiedenste Produkte und Verfahren optimiert werden können.

Um dem biologischen Vorbild Rechnung zu tragen, werden Lösungsvorschläge, die mittels Mutation und/oder Rekombination zur Generierung neuer Lösungsvorschläge verwendet werden, als Eltern-Individuen bezeichnet. Die daraus resultierenden Lösungsvorschläge analog als Nachkommen-Individuen. So wie es in der Natur Individuen gibt, die mehr oder weniger gut an ihre Umwelt angepasst sind, gibt es auch im technischen Fall Individuen, die das Optimierungskriterium eher erfüllen als andere, weil sie zum Beispiel schneller oder kostengünstiger sind als ihre Mitkonkurrenten. Den starken Abstraktionsgrad der Evolutionsstrategie kann man daran erkennen, dass im Gegensatz zum Vorbild Natur, wo die Nachkommen meist zwei Eltern haben, hier die Nachkommen auch einen Elter oder viele Eltern haben können. Dabei ist die Evolutionsstrategie eine Optimierungsmethode, die sehr robust ist. Auch wenn

nicht immer der beste Nachkomme ausgewählt wird, führt die Evolutionsstrategie auch bei Fehlbewertungen letztlich zur Optimallösung.

Durch objektive Selektion können Lösungen wie beispielsweise eine optimierte optische Linse gefunden werden. Daneben ist die Evolutionsstrategie im Gegensatz zu mathematischen Optimierungsverfahren selbst auf Probleme anwendbar ist, bei denen eine potentielle Lösung nur subjektiv bewertet werden kann. Ein Beispiel ist die subjektive Bewertung von Kaffeetestern, die das beste Mischungsverhältnis von Kaffeesorten ermitteln, um einen bestimmten Kaffeegeschmack zu erreichen.

Informationen im www:
www.bionik.tu-berlin.de
www.bionik-online.de
www.inpro.de