



Evolutionsstrategie

Kann man die optimale Lösung finden ohne das Ziel zu kennen? Ja, nach dem Vorbild der Natur mit Hilfe der Evolutionsstrategie.

Optimieren in der Natur — Pflanzen und Tiere sind 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.

Optimieren in der Technik — Auch die Menschen streben seit Urzeiten danach, Objekte oder Prozesse zu verbessern und für vorgegebene Probleme eine beste Lösung - die Optimallösung - zu finden (Abb. 1). 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 Optimierungsverfahren existieren auch solche, die sich an natürlichen Optimierungsprinzipien orientieren.



Abb. 1: Abgebildet ist das *Qualitätsgebirge* eines Optimierungsproblems mit zwei variablen Eingangsgrößen. Die beiden Eingangsgrößen sind in der Horizontalen, und die zugehörige Qualität in der Vertikalen aufgetragen. Die Optimallösung zu finden bedeutet durch Springen und Klettern den höchsten Gipfel des Qualitätsgebirges zu erklimmen.

© Plant Biomechanics Group Freiburg 2009

Evolutionstrategie — Die in den 1960er Jahren von Ingo Rechenberg und Hans-Paul Schwefel entwickelte *Evolutionstrategie* stellt die Umsetzung der Optimierungsmethode der biologischen Evolution in die Technik dar. Mit ihrer Hilfe können selbst Optimierungsprobleme gelöst werden, bei denen mathematische Lösungsverfahren versagen. Die Idee, die der Evolutionstrategie zugrunde liegt, besteht darin, *Lösungsvorschläge* für ein formuliertes Optimierungsproblem so lange auf der Basis von Zufallsprozessen zu verändern (vgl. biologische Mutation) und untereinander zu kombinieren (vgl. biologische Rekombination), bis die optimale Lösung gefunden ist. Um dem biologischen Vorbild Rechnung zu tragen, werden Lösungsvorschläge, die mittels Mutation und/oder Rekombination zur *Generierung* neuer Lösungsvorschläge verwendet werden, als *Eltern-Individuen* und solche Lösungsvorschläge, die daraus resultieren als *Nachkommen-Individuen* bezeichnet. So wie es in der Natur Individuen gibt, die mehr oder



Evolutionsstrategie

weniger gut an ihre Umwelt angepasst sind, gibt es auch im technischen Fall Individuen, die das Optimierungskriterium eher erfüllen als andere, weil sie z.B. schneller, kostengünstiger oder materialärmer sind als ihre Mitkonkurrenten. Während herkömmliche Optimierungsverfahren versagen, sobald die Qualität eines Individuums nicht mit Hilfe einer entsprechenden Funktion berechnet werden kann, ist die Evolutionsstrategie auch auf Probleme anwendbar, bei denen die Qualität ausschließlich experimentell zu ermitteln ist. In jedem Fall werden die weniger effizienten Lösungsvorschläge analog der biologischen Selektion aussortiert und nur die besten Lösungen beibehalten.

Plus- und Kommanotation der Evolutionsstrategie — Je nachdem ob die Eltern-Individuen am Selektionsprozess teilnehmen oder vorher sterben, d. h. aus dem weiteren Optimierungslauf herausgenommen werden, unterscheidet man folgende Evolutionsstrategie-Varianten:

- $(\mu+\lambda)$ -gliedrige Evolutionsstrategie: Die μ Eltern gelangen zusammen mit den λ Nachkommen in eine Selektionsurne. Die μ besten Individuen werden selektiert und erzeugen ihrerseits λ Nachkommen. Der Zyklus beginnt von vorne.
- (μ, λ) -gliedrige Evolutionsstrategie: Hier konkurrieren nur die λ Nachkommen miteinander. Die μ besten unter ihnen überleben und werden zu Eltern der nächsten Generation.

Evolutionfenster — Evolution - egal ob natürlich oder simuliert - kann nur innerhalb des sogenannten Evolutionfensters (Abb. 2) erfolgen. Für die Evolutionsstrategie bedeutet dies, dass die einzelnen durch Mutation hervorgerufenen Änderungen weder zu klein noch zu groß sein dürfen, dass also die „Mutationsschrittweite“ optimal gewählt sein muss. Je näher man dem Optimum kommt, umso kleinere Schritte sollte man nehmen, um das Optimum nicht unwissentlich zu überschreiten. Unter Umständen muss die Schrittweite während eines Optimierungslaufes nachgebessert werden. Dies wird dann als Mutative Schrittweitenregelung bezeichnet.

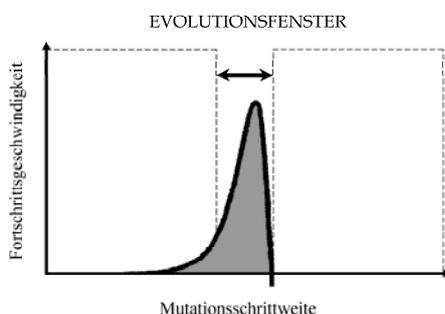


Abb. 2: Ist die Mutationsschrittweite zu klein, wird kaum Fortschritt erzielt. Ist sie hingegen zu groß, führt dies genauso wenig zum gewünschten Erfolg. Fazit: Die Mutationsschrittweite muss im Evolutionfenster liegen um bestmöglichen Fortschritt zu erzielen. © Plant Biomechanics Group Freiburg 2009

Die Evolutionsstrategie wird in der Industrie zur Geschmacksoptimierung von Kaffeemischungen, zur Entwicklung sicherer Reifenprofile, Scheinwerferspiegel oder Gummi-



Evolutionstrategie

dichtungen angewendet. Genau wie in der Natur kann auch eine technische Optimierung durch so genannte „Nebenbedingungen“ eingeschränkt werden. Beispielsweise gibt es keine negativen Längen oder Gewichte.

Weiterführende Informationen zum Thema Evolutionstrategie:

- Rechenberg, Ingo (1994): Evolutionstrategie `94, frommann-holzboog Verlag
- Rechenberg, Ingo (1989): Evolutionstrategie - Optimierung nach Prinzipien der biologischen Evolution, in: Albrecht, Jörg (Hrsg.): Evolution und Evolutionstrategien in Biologie, Technik und Gesellschaft, Freie Akademie, 2. Auflage 1990
- „Bionik - Lernen von der Natur“, Duden Paetec Schulbuchverlag, 2008
- „Bionik“, Praxis der Naturwissenschaften - Biologie in der Schule, Heft 5/52, 2003
- <http://www.bionik.tu-berlin.de>
- <http://www.bionik-online.de>