

EVOLUTIONÄRE ALGORITHMEN UNTERSTÜTZEN DESIGN FOR SIX SIGMA

Mutation und Selektion

Swen Günther, Rothenkirchen;
Armin Töpfer, Dresden

Design for Six Sigma (DFSS) steht für „praktizierte Null-Fehler-Qualität“ im Produktentstehungsprozess (PEP). Ziel ist es, bereits mit Produktionsstart 6σ -Qualität, also zu 99,99966 Prozent Fehlerfreiheit, zu erreichen. Unter den phasenorientierten Vorgehensmodellen fand hierfür bislang die meiste Verbreitung der DMADV-Zyklus (Define – Measure – Analyse – Design – Verify). Der häufigste Grund für ein Scheitern von DFSS-Projekten ist die bestehende Austauschbeziehung (Trade-off) zwischen hoher Produktqualität auf der einen Seite und der Forderung nach einem hohen Innovationsgrad auf der anderen Seite. Die Vorgehensmodelle konzentrieren sich vordergründig auf die Dimension „Qualität“. Es wird auf eine sys-

tematisch-analytische Vorgehensweise bei der Problemlösung gesetzt, um neue Produkte/ Prozesse mit Null-Fehler-Qualität zu entwickeln. Intuitiv-kreative Prozesse, die für die Generierung von Innovationen erforderlich sind, stehen eher im Hintergrund. Dadurch gehen aus der Anwendung von DFSS häufig robuste, aber wenig innovative Produkte/Prozesse hervor.

Um diesen Konflikt aufzulösen, wurden an der TU Dresden die Abstraktion und der Vergleich mit Algorithmen eingesetzt, wie sie etwa zur Problemlösung in der mathematischen Optimierung eingesetzt wer-

Der Stellenwert von Design for Six Sigma als Six-Sigma-Adaption für die Entwicklung wächst. Allerdings führen die eingesetzten, relativ komplexen Problemlösungszyklen nicht immer zum Erfolg. Der alternative Lösungsansatz der TU Dresden basiert auf der Anwendung evolutionärer Algorithmen und hat sich in der Unternehmenspraxis bereits bewährt.

den. Auf diese Weise lassen sich relativ schnell methodische Schwächen erkennen. Gleichzeitig werden Alternativen sichtbar, wie mit (hoch-) komplexen und/oder unsicheren Situationen umgegangen werden kann. Die mathematische Optimierung setzt hier auf den Einsatz evolutionärer Algorithmen, die sich am Vorbild der natürlichen Evolution orientieren. Um die Erkenntnisse für die Unternehmenspraxis nutzbar zu machen, wurde ein entsprechender (evolutionärer) Problemlösungszyklus entwickelt: der IESRM-Zyklus.

Evolution steigert Fitness der Population

Die fünf Phasen des IESRM-Zyklus sind gekennzeichnet durch die Fragen:

- **Initialisierung:** Was ist das Problem? Welche Produktlösungen existieren bereits?
- **Evaluierung:** Wie gut erfüllen die Lösungen die spezifizierten Kundenanforderungen?
- **Selektion:** An welchen Lösungen/ Designs wird festgehalten? Welche werden aussortiert?
- **Rekombination:** Wie können aus den vorhandenen (noch) bessere Lösungen generiert werden?
- **Mutation:** Welche zufälligen Merkmalsänderungen führen zu Verbesserungen/Innovationen?

Die letzten vier Phasen werden zu einer Iterationsschleife zusammengefasst und so lange durchlaufen, bis eine aus Kundensicht optimale Lösung gefunden worden ist (Bild 1). Analog zur Programmie-

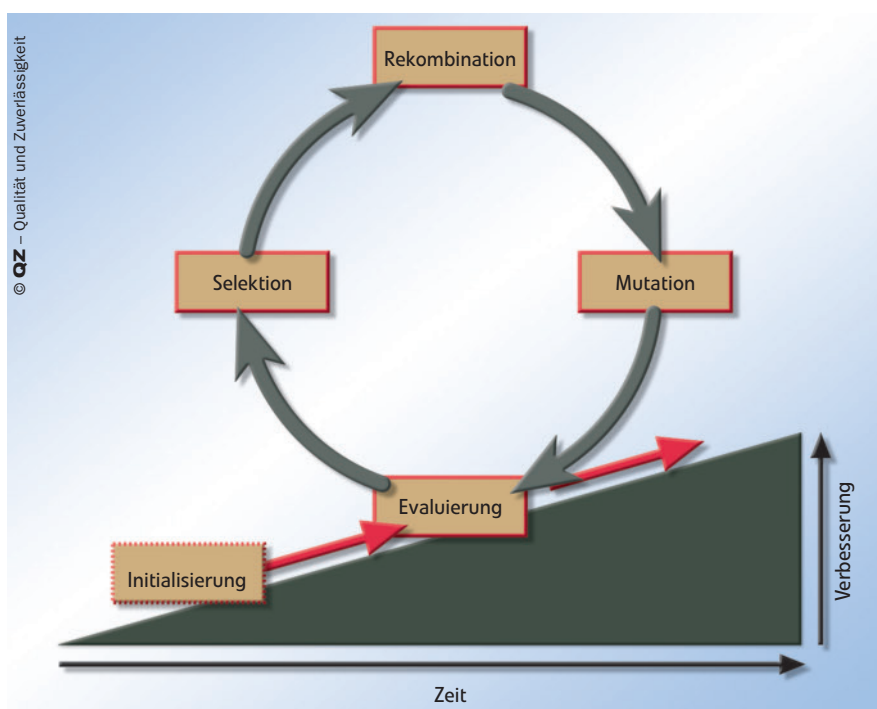
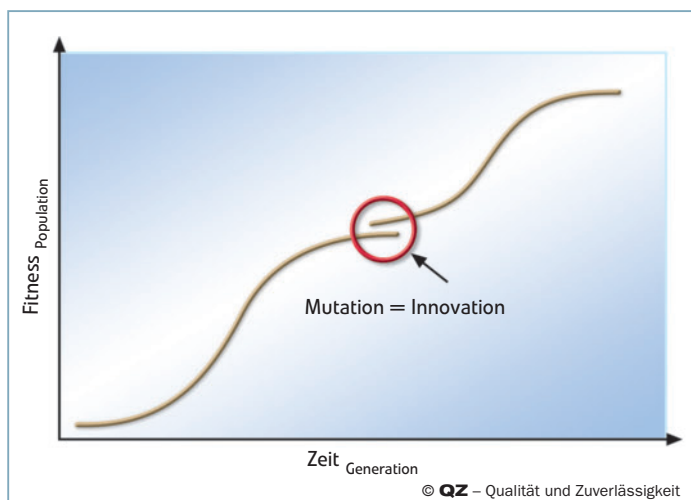


Bild 1. Die fünf Phasen des IESRM-Zyklus

Bild 2. Die Steigerung der Fitness im Zeitablauf



Die evolutionären beziehungsweise genetischen Algorithmen basiert das Lösungsprinzip auf der simultanen Optimierung von n Lösungskandidaten, die in der Initialisierungs-Phase zu einer Population zusammengefasst werden. Ziel ist es, die Fitness der Population – und nicht die einer einzelnen Lösung – schrittweise zu erhöhen und dabei möglichst herausragende Individuen zu generieren.

Die eingesetzten Methoden/Instrumente entstammen zu großen Teilen aus dem Qualitäts- und Innovationsmanagement, wie etwa Fischgrät-Diagramm und morphologischer Kasten. Analog zu den Six-Sigma-Verbesserungszyklen, DMAIC und DMADV, werden sie inhaltlich vernetzt und ermöglichen so eine systematische Problemlösung. Nachdem in der Initialisierungs-Phase das Kundenproblem und der Projektfokus (In/Out) mithilfe einer Teamcharter genau spezifiziert worden sind, wird in der Evaluierungs-Phase der Nutzen beziehungsweise die Fitness der in der Ausgangspopulation befindlichen Lösungsansätze (Individuen) bestimmt.

In den Phasen Rekombination und Mutation kommen zusätzlich Methoden zur Anwendung, die sich am Vorbild genetischer Algorithmen orientieren, zum Beispiel rangbasierte Selektion und Flip-Mutation. Sie sorgen einerseits dafür, dass die „genetische Vielfalt“ in der Population möglichst lange erhalten bleibt und sich erst nach und nach die Individuen/Lösungen mit der höchsten Fitness durchsetzen. Andererseits befördern sie spontane Merkmalsänderungen bei einzelnen Individuen/Lösungen, aus denen dann im nächsten Iterationsschritt Innovationen hervorgehen (können). Darüber hinaus eröffnen sie die Möglichkeit, spezifische

Kundenanforderungen und damit Marktnischen zu erkennen.

In einer Unternehmensfallstudie bei der Michael Jäckel Erzgebirgische Bürstenfabrik (EBF) GmbH wurden Effizienz und Effektivität des IESRM-Zyklus überprüft. Es wurde bewusst ein einfaches Produkt ausgewählt. Es galt, einen Straßenbesen mit optimalen Kehrreigenschaften zu entwickeln. Bislang hatten sich die F&E-Bemühungen auf Besen-Designs für verschiedene Anwendungsbereiche konzentriert. Mithilfe des IESRM-Zyklus konnte ein Besen entwickelt werden, der die Stärken mehrerer vorhandener Produktvarianten vereint und für unterschiedliche Einsatzbedingungen geeignet ist. Voraussetzung hierfür war ein standardisiertes Messverfahren zur eindeutigen Bestimmung des Kehrverhaltens und damit der Fitness-Werte. In der Art der natürlichen Evolution wurden die Designs mit der höchsten Fitness selektiert und für die weitere Verwendung im IESRM-Zyklus zugelassen. So konnte die durchschnittliche Fitness der Besen-Population um mehr als 100 Prozent gesteigert werden: In der Endpopulation befanden sich nur noch Besen mit ausgezeichneten Kehrreigenschaften sowie geringfügigen Unterschieden in ihren „genetischen Codes“.

Effizienz und Effektivität in Labor und Praxis überprüft

Im Labor wurden Effizienz und Effektivität des IESRM-Zyklus wissenschaftlich überprüft. In beiden Fällen stellten sich – insbesondere im direkten Vergleich mit dem DMADV-Zyklus – generell bessere Ergebnisse heraus. So zeichnet sich der IESRM-Zyklus vor allem durch eine hohe Zielge-

Online-Tool

Die Anforderungen an den Einsatz des IESRM-Zyklus sind gering. Die komplette Anwendung erfolgt auf Basis eines einfachen Excel-Tools. Dieses ist kostenlos beim Autor erhältlich.

Literatur

Günther, S.: Design for Six Sigma – Konzeption und Operationalisierung von alternativen Problemlösungszyklen auf Basis evolutionärer Algorithmen. Dissertation. Gabler Research 2010, Wiesbaden

Autoren

Dr. Swen Günther, geb. 1977, ist Leiter des Verbesserungswesens und der Prozessoptimierung bei Procter & Gamble am Standort Rothenkirchen. Mit der vorliegenden Arbeit promovierte er am Lehrstuhl für Marktorientierte Unternehmensführung an der TU Dresden.

Prof. Dr. Armin Töpfer, geb. 1944, leitet die Forschungsgruppe für Marktorientierte Unternehmensführung an der TU Dresden.

Kontakt

Swen Günther
T 037462 28229
guentherwsen@web.de

www.qm-infocenter.de

Diesen Beitrag finden Sie online unter der Dokumentennummer: **QZ110308**

naugigkeit beim Auffinden der nutzenmaximalen Lösung aus Kundensicht aus. Durch den Populationsansatz wird zum einen sichergestellt, dass der vorgegebene Lösungsraum (Project Scope) möglichst großflächig nach dem optimalen Design beziehungsweise der idealen Lösung abgesehen wird. Zum anderen minimiert die allmähliche Konvergenz der Lösungen innerhalb der Population das Risiko, nur die zweit- oder drittbeste Lösung zu finden.

In den genannten Anwendungsfällen zeigt sich ein typischer Ergebnisverlauf, wie er als „S-Kurve“ aus dem Technologiemanagement bekannt ist (Bild 2): Die durchschnittliche Fitness der Population steigt durch die kontinuierliche Anwendung des Problemlösungszyklus exponentiell an. Mutationen auf der Merkmalsebene erzeugen zufällige, systemimmanente (Technologie-)Sprünge, sodass sich auf jeweils höherem Fitness-/Leistungsniveau eine neue S-Kurve anschließt. □