

Der grundlegender Aufbau von evolutionären Algorithmen und deren Möglichkeiten zur Anwendung in der Architektur

von André Hamacher

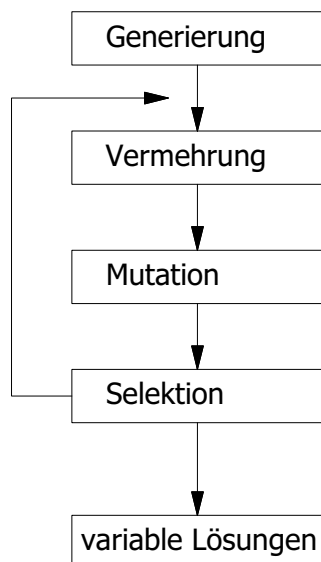
Evolutionäre Algorithmen - Künstliche Evolution. Dies bezeichnet die Abbildung natürlicher Selektions- und Entwicklungswerkzeuge um Lösungen, meist mehrere Varianten, für komplexe Problemstellungen zu generieren. In der Informatik als speicher- und rechenintensive Herangehensweise eingeordnet, wird diese Methodik unter Anderem genutzt um Maschinenbauteile zu formen deren Parameter teils unabhängig, manchmal auch gegenläufig sind. Beispielsweise aerodynamische Eigenschaften, Gewicht, Materialmenge, statische Belastbarkeit usw. Einzelne einfach messbare Eigenschaften, in deren Kombination unterschiedliche Varianten entstehen. Die jeweiligen Parameter werden dafür untereinander abgewägt und miteinander verbunden.

Sobald die Faktoren der Evolution (Selektion, Vermehrung und Mutation) in einer oder mehreren Durchläufen zusammentreffen, optimiert sich eine Gruppe Individuen auf ein in der Selektion gerichtetes Optimum hin.

Eine grundlegende Einführung wie evolutionäre Algorithmen funktionieren, und in welchen Fällen dieses Werkzeug in der Architektur eingesetzt werden kann, soll dieser Artikel liefern.

Ein einfaches geometrisches Problem, dessen Lösung vorher bekannt ist, soll dem Verständnis dieses Verfahrens dienen: Die Optimierung eines beliebigen Rechtecks auf maximalen Flächeninhalt bei minimalem Umfang.

Jedes Rechteck wird nun als „Individuum“ betrachtet, es hat die Eigenschaften der Länge und Breite als „Gene“. Der Umfang und Flächeninhalt ist hieraus später einfach zu berechnen um die „fitness“ des Individuums festzustellen.



Zuerst wird eine größere Menge an Individuen initial generiert. Dies geschieht mit zufälligen Genen um ein möglichst großes Spektrum an möglichen Lösungen abzudecken.

In der Praxis ist eine möglichst große Vielfalt und Anzahl von Individuen daher von Vorteil.

In den folgenden Generationsdurchläufen „überleben“ diejenigen, die eine gewisse „Mindestfitness“ aufweisen. Dies ist mit der wichtigste Punkt in dem evolutionären Ablauf,



die Selektion anhand von Regelsätzen. In diesem Beispiel ist die Fitness eines Individuums höher, je mehr Flächeninhalt es im Verhältnis zum Umfang aufweist.

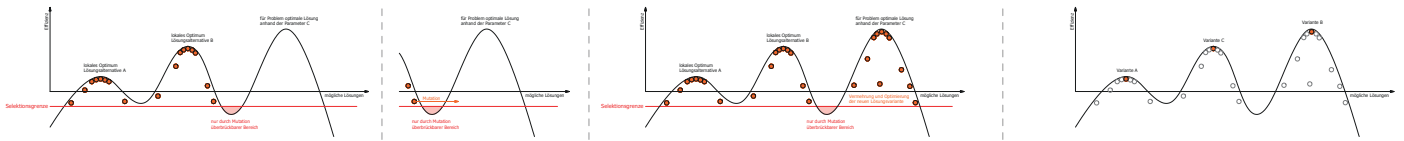
Diese tragen ihre „Gene“ in die nächste Generation - sie vermehren sich. Zu diesem Zweck werden die „Gene“ der Individuen nach dem Zufallsprinzip miteinander gekreuzt und eine neue Generation entsteht. Im Beispiel der Rechtecke wird einfach das arithmetische Mittel der beiden Eigenschaften (Länge, Breite) gebildet.

Diese neuen Gene machen in gewissem Rahmen eine Mutation durch - ihre Eigenschaften werden zu einem bestimmten Prozentsatz mit einer Zufallsabweichung versehen. Dies führt zu einer großen Vielfalt der Lösungsmöglichkeiten. Weiter hilft es bei der Umgehung von lokalen Optima (siehe Abbildung). Dies ist wichtig bei Problemstellungen in denen es - anders als in den Beispielrechtecken - mehr als eine Variante der Lösung gibt.

Optional werden die fittesten Individuen der letzten Generation übernommen.

Diese neue Generation wird wieder dem anfänglichen Selektionsmechanismus ausgesetzt - das Verfahren wiederholt

Grafik oben:
Umgehung von lokalen Optima durch Mutation.
So entstehen vielfältige Lösungen bei
teilgelösten Konfigurationen



sich ab jetzt bis der Vorgang abgebrochen wird. Nach ca. 20 Generationen nähern sich die Rechtecke immer weiter der (in diesem Fall einzigen) Lösung an: einem Quadrat.

Sobald die Funktion dieses Systems klar ist, wird auch klar dass es durch Änderung der Regelsätze auf nahezu jedes komplexe System anwendbar ist. Komplex in so weit, dass die Lösungen mehreren Regelsätzen entsprechen müssen und selbstständig zwischen diesen abwägen.

Dies können wie oben erwähnt Flugzeugbauteile sein, es lässt sich aber auch auf völlig andere Problemstellungen skalieren. Beispielsweise auf die nach rationalen Maßstäben sinnvollste Raumkonfiguration eines Raumprogramms unter unterschiedlichen Bedingungen.

In diesem Fall entspricht das Individuum dem Zusammenschluss der einzelnen Raumbereiche. Die Regelsätze könnten in diesem Fall sein:

Diese Auflistung ist in keinem Fall abschließend und muss an die individuellen Problemstellungen angepasst und erweitert werden. Dadurch können diese Regeln auch keinen Anspruch auf Allgemeingültigkeit haben. Regel I z.B. wird in einer unterirdischen Bunkeranlage weniger wichtig sein, als in einem Mehrfamilienhaus. Daher ist es wichtig dass diese Regeln nicht absolut formuliert sind, und man ihnen - je nach Problemstellung unterschiedliche Gewichtung gibt. Spätestes bei Regel II und III wird klar dass Regeln existieren können, die sich in gewissem Maße ausschließen. Während Regel II es in seiner Konsequenz als positiv erachten würde die Erschließungsfläche gegen null zu bringen, wird Regel III dafür sorgen dass die Erreichbarkeit der Räume gegeben ist. Regelsatz IV fängt in seiner Funktion an gewisse entstehende Raumgruppierungen zu bevorzugen und ist damit sehr wichtig. Dadurch werden, in Kombination mit den



I - Es ist positiv zu bewerten wenn gewisse Raumbereiche mit natürlichem Licht versorgt werden können. (für einige Räume ist dies wichtig, bei anderen nur optional)

II - Es ist positiv zu bewerten wenn ein minimales Maß an Erschließungsfläche erreicht wird.

III - Es ist positiv zu bewerten wenn Räume durch die Erschließungsfläche zu erreichen sind.

IV - Es ist positiv zu bewerten wenn gewisse Räume nahe beieinander sind, andere weiter weg.

anderen Regelsätzen alternative Grundrissdiagramme erzeugbar die den Charakter einer Machbarkeitsstudie besitzen.

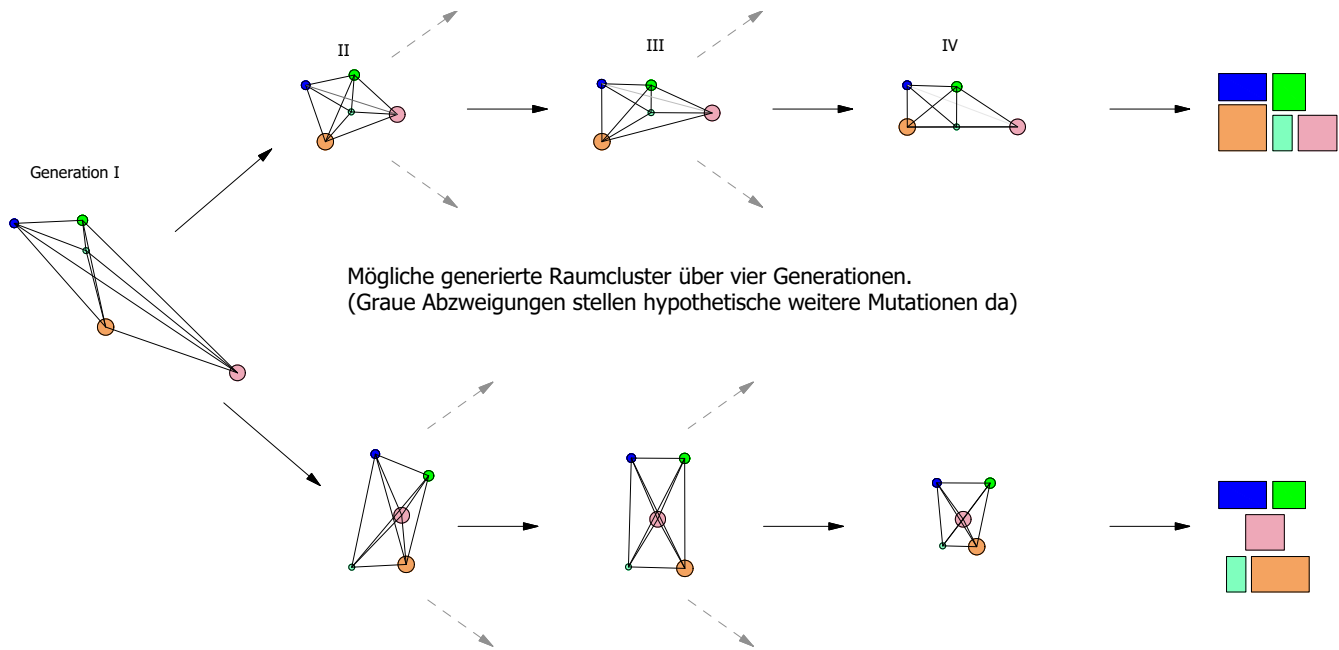
Weitere mögliche Regelsätze wären zum Beispiel das Einbeziehen einer Raumhöhe die bei manchen Räumen explizit großzügig, bei anderen minimiert sein soll.

Jedes vollständige Zonierungsdiagramm, welches sich aus den vorgegebenen Regeln ergibt, entspricht einem Individuum und nicht nur wie im vorherigen Beispiel einem Rechteck.

Weiterhin repräsentiert jedes Individuum dadurch einen leicht bis stark abweichenden Lösungsvorschlag der entweder ausgegeben, oder weiter optimiert wird.

Dabei sind meistens viele verschiedene Lösungsvarianten & -alternativen möglich die diesen Regeln auf unterschiedliche Arten entsprechen und Kompromisse zwischen den einzelnen Anforderungen aufbauen und eingehen.

Diese Methode ist freilich nicht auf rechteckige Räume begrenzt - sie können jeden denkbare Form annehmen. Im ersten Beispiel des Rechtecks welches sich auf ein Quadrat optimiert käme dann als Ergebnis eine Annäherung der Kreisform heraus. Auch die Räume der Zonendiagramme



sind nur orthogonal, weil ihre „Gene“ es vorgeben. Beliebige andere Zonierungen sind denkbar.

Die Anwendung der Regelsätze fordert, dass diese so genau wie möglich formuliert werden. Dafür ist die Flexibilität und Skalierbarkeit enorm groß und auch maßstabsunabhängig. So kann ein ähnlicher Regelsatz auf Städtebauliche Volumina angewandt werden. Die Parameter ändern sich in diesem Fall, das Prinzip bleibt das gleiche.

Wie man sieht sind die möglichen Anwendungen dieser Technik in der Architektur vielfältig. Seien es nun die technischen Parameter einer Gebäudehülle um deren einzelnen Funktionen bei minimalem Materialaufwand zu maximieren, oder die bestmögliche Positionierung von Messeständen in einer Halle unter Bezugnahme der Besucherströme. Die Voraussetzung dafür ist die Intensive Auseinandersetzung an welche essenziellen Parameter die zu lösende Aufgabe gebunden ist.

Abschließend ist zu sagen, dass künstliche Evolution ein effizientes und leistungsfähiges Werkzeug in der Architekturplanung sein kann. Sie kann helfen Planungsprozesse zu vereinfachen und für Problemstellungen variable Lösungen vorschlagen.

Durch ihren grundlegenden, für jedes Individuum parallel laufenden Aufbau, ist sie prädestiniert dafür auf mehreren Rechner verteilt verarbeitet zu werden was bis zu einer gewissen Komplexität der Aufgabenstellungen keine Anschaffung von spezieller Computerhardware sondern nur die Nutzung bereits vorhandenen Ressourcen erfordert.

Die Grenzen dieses Werkzeugs sind klar erkennbar. Dem schöpferisch denkenden Menschen werden in Varianten Vorschläge unterbreitet die bisher keiner ästhetischen oder sinnlichen Bewertung unterlagen. Seine Aufgabe ist und wird weiterhin sein als kulturschaffendes Wesen ein Werk zu erschaffen das durch die Berührung mit dem

menschlichen, denkenden Geist mehr als die Summe seiner Teile ist. Zur Erfüllung dieser Aufgabe nimmt er seit Urzeiten helfende Werkzeuge zur Hand.

Für Interessierte gibt es ein Programmscript mit der Implementation der grundlegenden Funktionen eines evolutionären Algorithmus zur freien Weiterverarbeitung. Der Bezug incl. einer kurzen Anleitung zur praktischen Nutzung des Codes ist unter <http://zechelon.wordpress.com/adatoscript/> möglich.

André Hamacher studierte nach seinem Abschluss zum staatlich geprüften Assistent für Informatik an der Fachhochschule Trier Architektur.

Seit 2009 arbeitet er im Büro Atelier Jim Cledes und ist dort in erster Linie für das Modellieren, Generieren und Visualisieren parametrischer, komplexer Geometrien zuständig.

Photo unten: Der neue Bahnhof in Esch Belval

