Evolutionäre Algorithmen

Vorlesung 1

Organisatorisches
Biologische Evolution
Ein evolutionärer Algorithmus

Inhalt

- ▷ Biologische Evolution
- ▷ Von der Evolution zur Optimierung
- ▷ Prinzipien evolutionärer Algorithmen
- ▷ Standardalgorithmen:

  Genetische Algorithmen – Evolutionsstrategien – Evolutionäres Programmieren

  Genetisches Programmieren – Classifier Systeme – Lokale Suche
- ▷ Problemspezifische Verfahren: Problemwissen – Randbedingungen

  Mehrzieloptimierung – verrauschte Gütefunktionen – Zeitabhängige Probleme

Literatur

- ▷ Bäck: Evolutionary algorithms in theory and practice

  – als Lehrbuch eher nicht geeignet, recht formal, Dissertation
- ▷ Banzhaf et. al.: Genetic programming – an introduction

  – nur genetisches Programmieren
- ▷ Davis: Handbook of genetic algorithms

  – nur genetische Algorithmen, primär: verschiedene Anwendungen
- ▷ Goldberg: Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning – nur genetische Algorithmen, Standardwerk

Literatur

- ▷ Michalewicz: Genetic algorithms + data structures = evolution – primär GA im weiteren Sinn
- ▷ Michalewicz, Fogel: How to solve it: Modern heuristics

  – umfassende Darstellung, keine Theorie
- ▷ Mitchell: An Introduction to Genetic Algorithms

  – nur genetische Algorithmen, interessant
- ▷ Nissen: Einführung in Evolutionäre Algorithmen – behandelt alle Standardalgorithmen, knapp, eher eine Literatursammlung

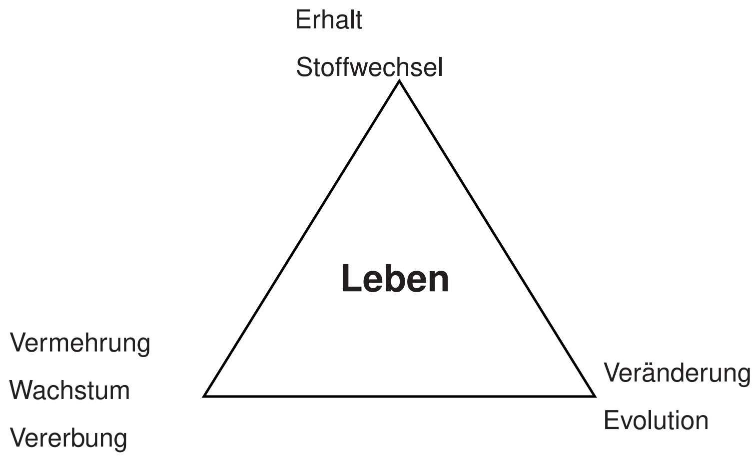
Literatur

- ▷ Pohlheim: Evolutionäre Algorithmen: Verfahren, Operatoren und Hinweise für die Praxis – umfassende Sichtweise, eher für Praktiker und Ingenieure
- ▷ Rechenberg: Evolutionsstrategie ’94
  – nur Evolutionsstrategie
- ▷ Schwefel: Evolution and optimum seeking
  – nur Evolutionsstrategie

Natürliche Evolution

- ▷ physikalische Evolution
- ▷ chemische Evolution
  wesentliche Moleküle einer Zelle entstehen
- ▷ biologische Evolution
  Evolution der Tier- und Pflanzenarten

Leben



RNA

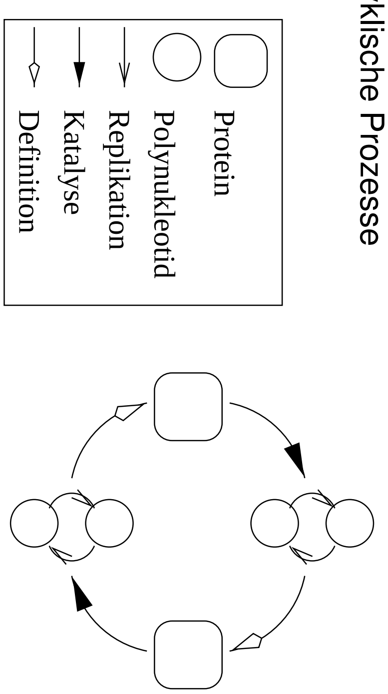
- ▷ erster Stoffwechsel: vermutlich in vulkanischer Umgebung
- ▷ Membran $\Rightarrow$ frühe Form der Zelle
- ▷ D-Ribose als Zucker ergibt unverzweigte Ketten
  $\Rightarrow$ Vervielfältigung möglich
- ▷ RNA (Polynukleotide)
  $\Rightarrow$ genetische Kodierung und katalytische Funktion

Genetischer Code

erste	zweite: U	C	A	G	dritte
U	Phe	Ser	Tyr	Cys	U
	Phe	Ser	Tyr	Cys	C
	Leu	Ser	STOP	STOP	A
	Leu	Ser	STOP	Trp	G
C	Leu	Pro	His	Arg	U
	Leu	Pro	His	Arg	C
	Leu	Pro	Gln	Arg	A
	Leu	Pro	Gln	Arg	G
A	Ile	Thr	Asn	Ser	U
	Ile	Thr	Asn	Ser	C
	Ile	Thr	Lys	Arg	A
	Met	Thr	Lys	Arg	G
G	Val	Ala	Asp	Gly	U
	Val	Ala	Asp	Gly	C
	Val	Ala	Glu	Gly	A
	Val	Ala	Glu	Gly	G

Hyperzyklen

▷ zyklische Prozesse



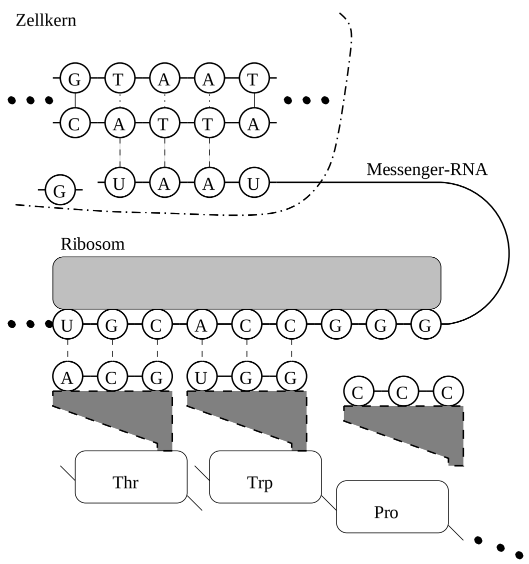
▷ Vervielfältigungsfehler ⇒ Evolution

DNA

▷ Doppelstrang verringert Fehler

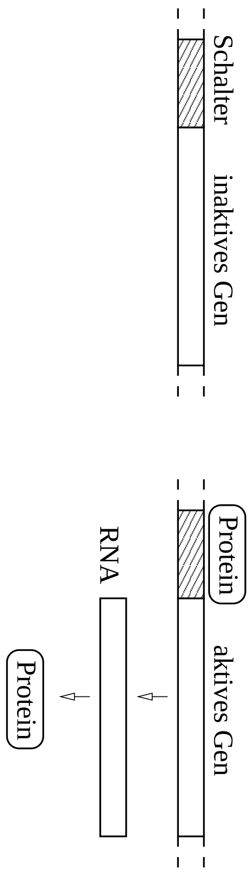
▷ DNA: Informationsspeicherung

RNA: Informationsübermittlung



Bildung von Organismen

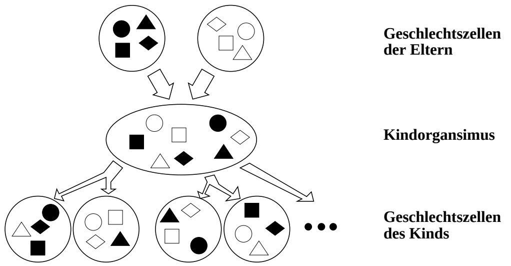
▷ selbstregulierendes System: welche Gene sind aktiv



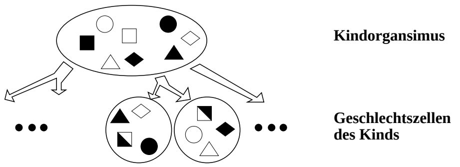
▷ unterschiedliche Bedingungen ⇒ Spezialisierung von Zellen

Sexualität

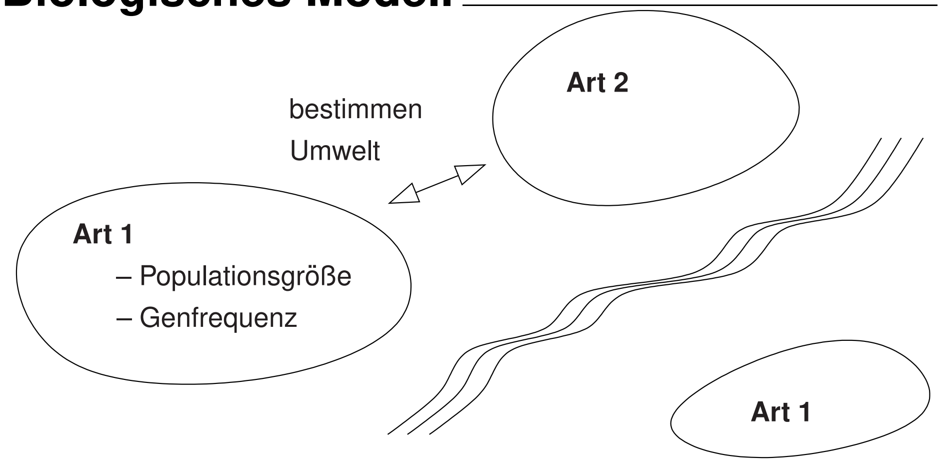
▷ Verdoppelung des Chromosomensatzes



▷ Crossover



Biologisches Modell



▷ Wann entsteht Evolution?

Mutation, Rekombination

▷ Genom: „Bauplan“ als modulares, genetisches Netzwerk bestimmt Phänotyp

▷ Mutation: natürlicher Vervielfältigungsfehler ändert Genfrequenz

▷ kleine Mutationen addieren sich zu großen Veränderungen

▷ Rekombination: schafft neue Verknüpfungen

Selektion

▷ Veränderung der Genfrequenz durch unterschiedlich viele Nachkommen

▷ Fitness: Maß für Tauglichkeit eines Individuums

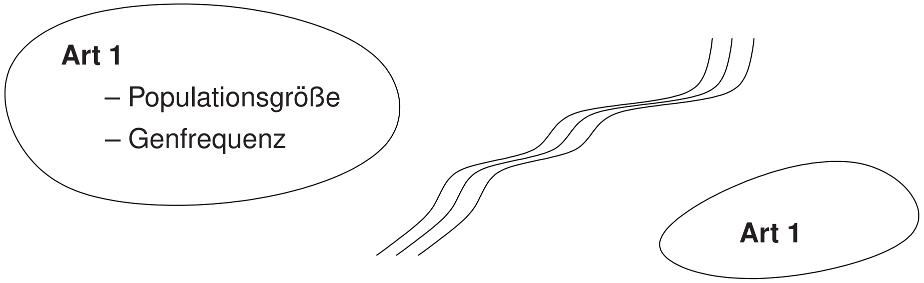
$$Fitness(G) = \frac{\#\text{ Nachkommen von } G}{\#\text{ Nachkommen von bestem } G'}$$

▷ einzige „zielgerichtete“ Komponente

▷ bewahrt Harmonie des genetischen Netzwerks

$\Rightarrow$ Unumkehrbarkeit der Evolution

Genfluss



- ▷ unterschiedliche Entwicklung in Teilpopulationen
- ▷ Migration zwischen Populationen

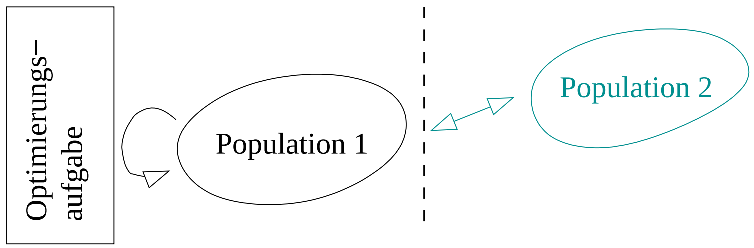
Gendrift

- ▷ in kleineren Populationen
- ▷ größere Wirkung von Zufallseffekten
- ▷ interessante Effekte bei Zusammenwirken mit Selektion und Genfluss
- ▷ Beispiel: Darwins Finken

Anpassung

- ▷ Beispiel: Resistenzphänomene bei Bakterien
- ▷ Nischenbildung
  - – Nische definiert durch abiotische und biotische Faktoren
  - – Teilpopulationen suchen sich unterschiedliche Nischen
  - – Grund: innerartliche Konkurrenz
- ▷ ökologische Beziehungen: Koevolution
  - – Konkurrenz, Ausnutzung, Symbiose

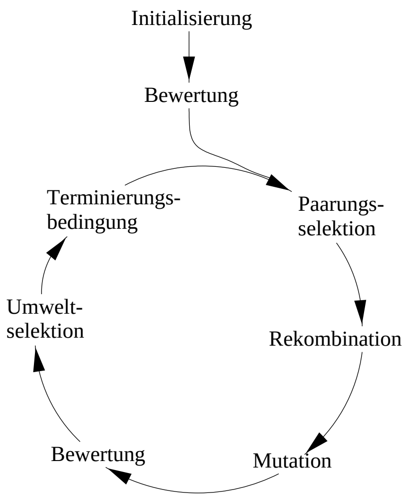
Von der Evolution zur Optimierung



- ▷ Ersatz der Umwelt durch eine konkrete Optimierungsaufgabe

Evolutionäre Algorithmen

- ▷ (randomisierte) Operationen
- ▷ Anfang und Ende
- ▷ definierte Gütebewertung



Zunächst unberücksichtigt bleiben

- ▷ dynamische Populationsgrößen
- ▷ selbstregulierende Interpretation der DNA
- ▷ Sexualität
- ▷ Nischenbildung
- ▷ Koevolution
- ▷ Genfluss
- ▷ dynamische Umgebungen