Vortrag über

Genetische und Evolutionäre Algorithmen (Vol. 1)

von

Adam El Sayed Auf und Kai Lienemann

Gliederung:

1) Einführung
2) Grundkonzept
3) Genaue Beschreibung des Genetischen Algorithmus
   - Lösungsrepräsentation
   - Mutation
   - Crossover
   - Sequenzoperatoren
   - Selektion

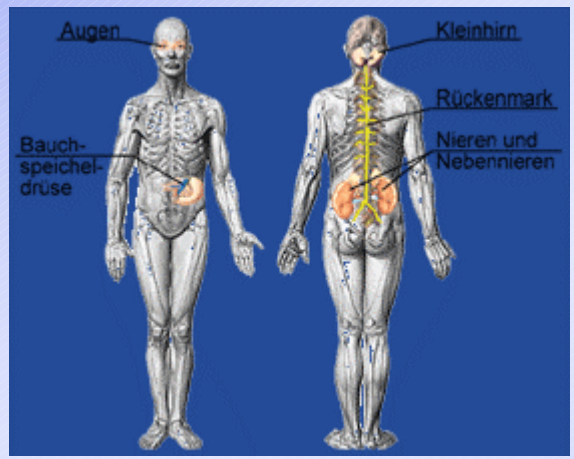
Einführung

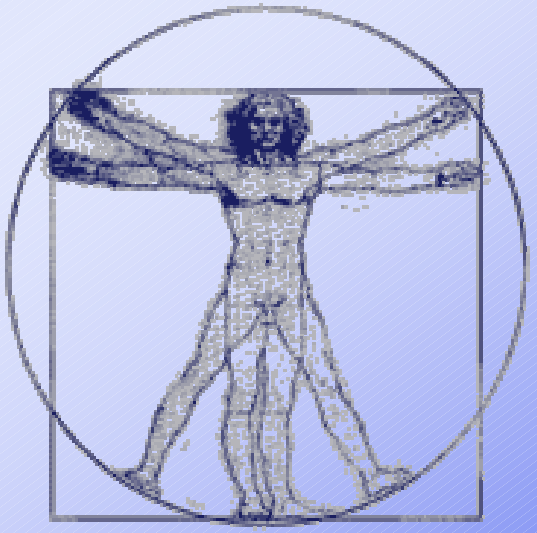
- voranschreitender Evolutionsprozess?
  - >> Anpassung der Lebewesen an ihre Umwelt
    - >> „Optimierungsverfahren“
- Abstrahieren, modellieren, verstehen
  - Optimierungsverfahren
- Abstrahieren von Lebewesen:
  - **Genotypen** und **Phänotypen**

Genotyp und Phänotyp

- Genotyp eines Individuums:
  - Summe seiner Erbanlagen
  - Legt den Rahmen des Erscheinungsbildes fest
  - In der DNS kodiert
- Phänotyp eines Individuums:
  - Das Erscheinungsbild
  - Ergibt sich aus Erbanlagen und Außenfaktoren

Genotyp


Augen
Kleinhirn
Rückenmark
Bauch-
speichel-
drüse
Nieren und
Nebennieren



Phänotyp

Evolution als Lernprozess

- Vier Milliarden Jahre parallele Evolution
- Weit entwickelte Vererbungsmechanismen
- Immer bessere Anpassung
- Speziesentwicklung = Optimierungsprozess
- Natur: Entwicklung genetische Operatoren
- Technik: Kodierung dieser Operatoren

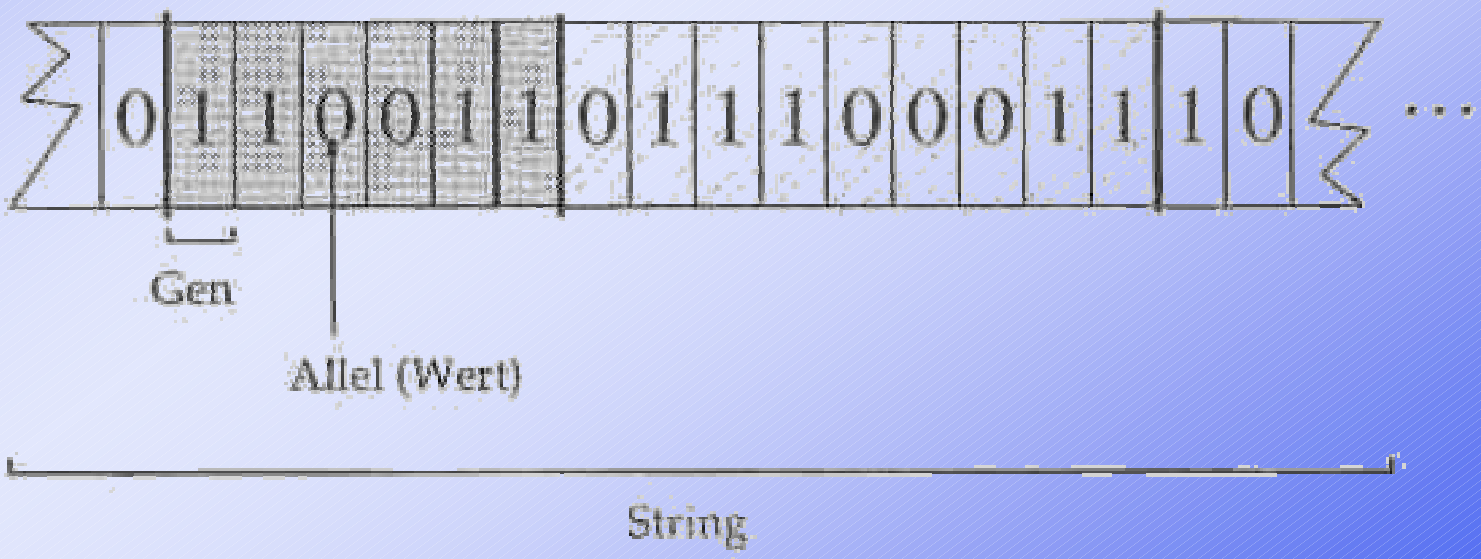
  >> lösen von Optimierungsproblemen

Das Grundkonzept

- Simulation evolutionärer Prozesse
- Menge von Individuen/Lösungen wird erschaffen
- Erschaffung von Nachkommen durch:
  - Rekombination
  - Mutation
  - Selektion
- Ersetzen der Population durch Nachkommen
- Wiederholung bis Abbruchkriterium erfüllt

Individuendarstellung

- Individuum ist ein String bestehend aus L Bits
- Gen entweder „0“ oder „1“
- Allel ist eine Ausprägung eines Gens



Schritt 1: <u>Initialisierung</u>

- Ausgangspopulation von **x** Individuen
- Üblicherweise $30 < \mathbf{x} < 500$
- Stochastische Erzeugung der Anfangsindividuen
- Einzelne Bits aller Individuen der Population auf „0“ oder „1“

Schritt 2: <u>Ausgangslösung bewerten</u>

- Individuen nach Qualität differenzieren
- Notwendig für spätere Selektion
- Qualität wird zumeist durch Zielfunktion repräsentiert
- z.B. bei Maximierungsproblem:

umso höher der Wert des Individuums

⇓

desto besser die Qualität des Individuums

Schritt 3: Stochastische Selektion und Replikation

- **x** Individuen aus Population wählen und dem „mating Pool“ hinzufügen
- Ziehen mit Zurücklegen => Duplikate möglich
- Wahrscheinlichkeit zur Auswahl $p_x = \frac{\text{Fitness des Individuums}}{\text{Fitness aller Individuen}}$
- „fitnessproportionale Selektion“
- „nicht diskriminierend“
- roulette wheel

Schritt 4: <u>Erzeugen von Nachkommen</u>

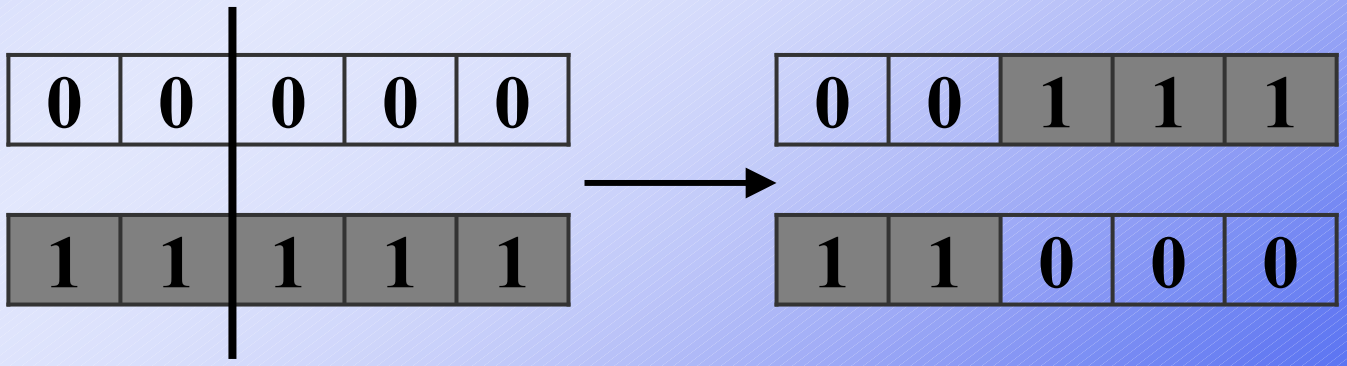
- $^{x}/_{2}$-malige Wiederholung von:
  - Stochastischer Partnerwahl
  - Crossover
  - Mutation
  - Bewertung und Hinzufügen

Schritt 4.1: <u>Stochastische Partnerwahl</u>

- Ziehen zweier Eltern aus dem „mating pool“ mit der Wahrscheinlichkeit $^{1}/_{x}$
- Ziehen ohne Zurücklegen
- Grundlage für Erzeugung von Nachkommen durch Crossover und Mutation

Schritt 4.2: Crossover

- Hauptoperator bei der Suche nach neuen verbesserten Lösungen
- Crossoverwahrscheinlichkeit entscheidet ob ein Crossover stattfindet
- Bestimmung des Crossoverpunktes
- Austausch der Informationen rechts vom Punkt



Schritt 4.3: <u>Mutation</u>

- Suchoperator von nachrangiger Bedeutung
- Soll verhindern, das ein Gen bei allen Individuen identisch ist
- Bei Mutation Inkrementierung des Bits
- Mutationswahrscheinlichkeit zwischen 0,01 und 0,001

Schritt 4.4: <u>Bewertung und Hinzufügen</u>

- Bewertung der Nachkommen anhand ihrer Qualität

- Hinzufügen in die neue Population

Schritt 5: <u>Wiederholung</u>

- Schritte 3 bis 5 werden wiederholt, bis eines der Abbruchkriterien greift:
  - maximale Generationenzahl
  - Zeitbeschränkung
  - gewünschte Lösungsqualität
  - Grossteil der Population gleich

Allgemeiner Genetischer Algorithmus

- Schritt 1: Initialisierung
- Schritt 2: Ausgangslösung bewerten
- Schritt 3: Selektion und Replikation
- Schritt 4: Erzeugung von Nachkommen durch:
  - Partnerwahl
  - Crossover
  - Mutation
  - Bewerten und Hinzufügen
- Schritt 5: Schritt 3 bis zum Abbruchkriterium

War das schon alles?

- Erweiterungen / Modifikationen in:
  - Lösungsrepräsentation
  - Crossover
  - Sequenzoperatoren
  - Selektion

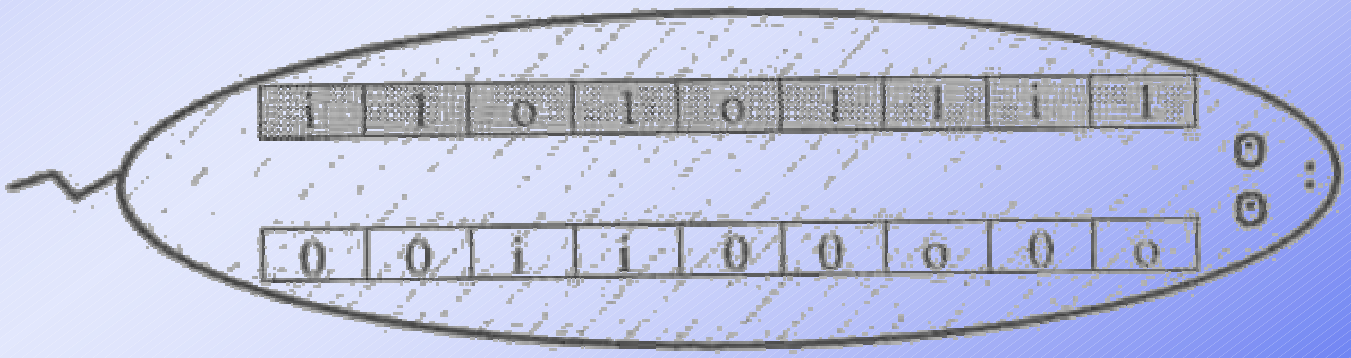
Lösungsrepräsentation / Gray Codierung

- Standard-Binärcode verletzt das Prinzip „kleine Ursache, kleine Wirkung“
- Hamming Distanz zweier benachbarter Zahlen immer eins

Ganzzahl	Binär	Hamming-Distanz	Gray-Code	Hamming Distanz
0	000	-	000	-
1	001	1	001	1
2	010	2	011	1
3	011	1	010	1
4	100	3	110	1

Diploidie

- Jedes Individuum enthält mehrere Stringpaare
- Mehrere Gene für die gleiche Variable
- Ausprägung hängt von Dominanz / Rezessivität ab
- zusätzliches Reservoir an Lösungselementen



N-Punkt-Crossover

- N>1 Crossoverpunkte
- Abschnitte mit geraden Nummern werden ausgetauscht

	1		2			3	4		5	
Elter 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elter 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Nachkomme 1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0
Nachkomme 2	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1

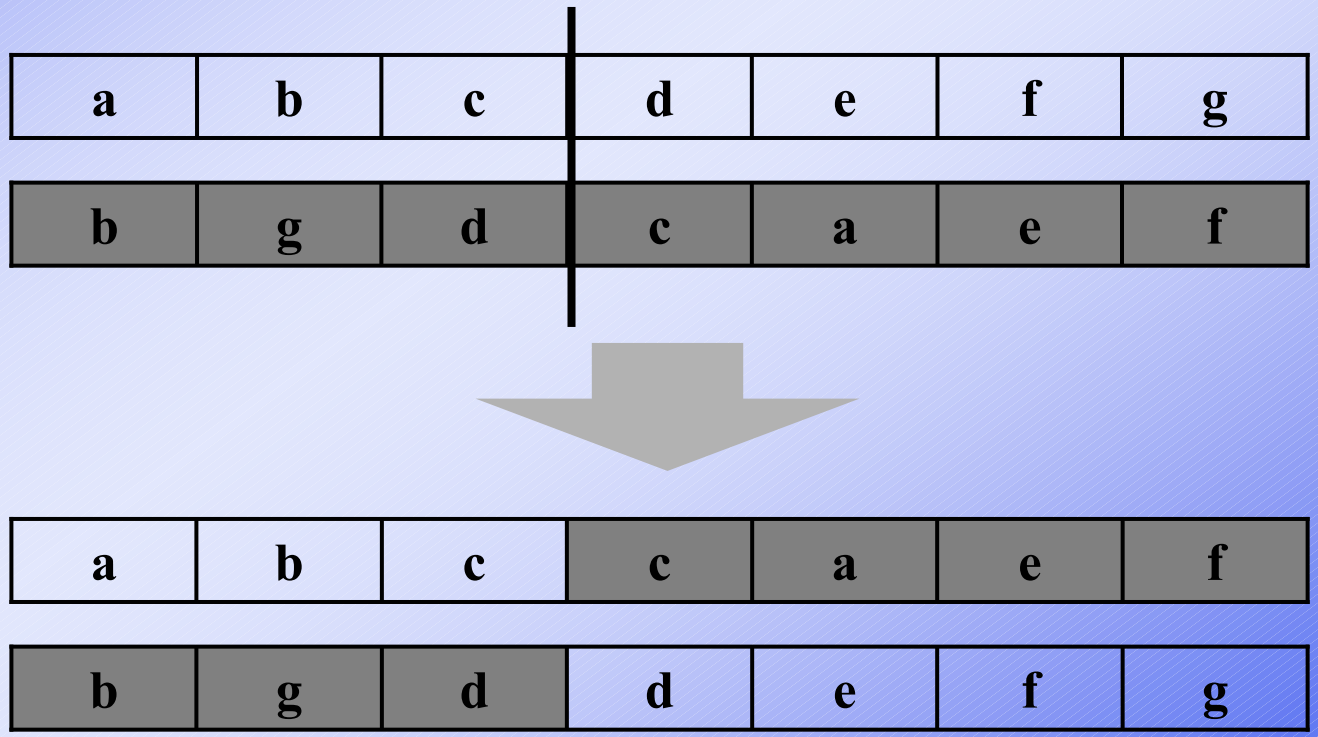
Uniform Crossover

- Austausch wird für jedes Gen überprüft
- Wahrscheinlichkeit zwischen 0,5 und 0,8

Elter 1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Elter 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Austausch? (Ja, nein)	j	j	n	j	n	n	j	j	j	n
Nachkomme 1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
Nachkomme 2	0	0	1	0	1	1	0	0	0	1

Sequenzoperatoren

- Permutationscodierung (TSP)
- bisherige Crossover-Varianten erzeugen ungültige Lösungen



Uniform Order-Based Crossover

Elter 1	1	2	3	4	5	
Elter 2	4	3	5	2	1	
Bitmaske	1	0	0	1	0	
Zwischenstufe	1	-	-	4	-	{2,3,5}
	-	3	5	-	1	{4,2}
						ordnen
Nachkomme 1	1	3	5	4	2	{3,5,2}
Nachkomme 2	2	3	5	4	1	{2,4}

Edge Recombination

Elter 1	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Elter 2	**4**	**3**	**5**	**2**	**1**

Edge table:

Wert	Nachbarwerte
1:	-2, 5, 4
2:	-1, 3, 5
3:	2, -4, 5
4:	-3, 5, 1
5:	4, 1, 3, 2

1	**2**	**5**	**3**	**4**

Selektion

- Unterteilung in zwei Teilschritte:

  1) Selektionsalgorithmus:
  Berechnung der erwarteten Kopien im mating pool

  2) Auswahlalgorithmus:
  Konkrete Auswahl der Individuen für den mating pool

  - Nur ganzzahlige Werte => roulette wheel

Selektionsarten

- „fitneßproportionale Selektion“ (Basis GA)
- Rangbasierte Selektion
- Wettkampfselektion
- Elite-Selektion als Erweiterung

Nächste Woche

- Evolutionäre Algorithmen
- Anwendung beim TSP
- Vergleich von Evolutionären und Genetischen Algorithmen
- Simulationen der Algorithmen
- Memetische Algorithmen