

# Genetische Algorithmen

travelling salesperson problem [tsp]  
oder  
Container-Lade-Problem [CLP]  
mit  
Genetischen Algorithmen [GA]

# Genetische Algorithmen

Warum überhaupt ...?

# Genetische Algorithmen

## *Vorbedingungen*

- Welche Bedingungen müssen für einen Ansatz mit Evolutionären Algorithmen vorgegeben sein?
  - Das Problem ist ein Suchproblem, da es kein direktes Lösungsverfahren gibt.
  - Der Suchraum ist so groß, dass eine vollständige Suche versagen muss.
  - Es gibt aber eine relativ schnelle Bewertungsfunktion für Zustände im Lösungsraum.
  - Keines der optimierten Suchverfahren liefert eine Lösung.

# Genetische Algorithmen

Was heißt „so groß“ ?

# Genetische Algorithmen

## *Große Probleme*

- Es sind Probleme, die so groß sein können, dass z.B. selbst mit den schnellsten Computern eine Lösung innerhalb der Lebensdauer des Weltalls nicht möglich ist.
- Insbesondere die **np-vollständigen Probleme** haben (bisher?) einer vollständigen Lösung standhaft getrotzt.
- Viele von ihnen haben neben dieser vertrackten Eigenschaft aber gleichzeitig die Möglichkeit,
  - prinzipiell mögliche Zustände des Systems nicht nur anzugeben,
  - sondern sie auch schnell zu bewerten.

# Genetische Algorithmen

## *Zufall*

- Zufall scheint nicht zum Prinzip naturwissenschaftlicher Methodik zu gehören.
- Für die meisten Menschen hat der Zufall etwas Gefährliches an sich:  
Er gefährdet die Vorhersagbarkeit, ja Kalkulierbarkeit des Lebens.
- Die Wahrheit liegt aber woanders!

# Genetische Algorithmen

## Der Grundgedanke

Wenn die Natur bei der Entwicklung optimaler Systeme so erfolgreich ist, dann versuchen wir ihre Prozesse zu verstehen und nachzubauen.

# Genetische Algorithmen

## *Populationen*

- Natürliche Organismen sind in der Regel Teile von Populationen, in denen sie mit anderen konkurrieren.
- Sie konkurrieren dabei
  - einmal mit Individuen derselben Spezies,
  - aber auch mit Individuen von anderen Spezies.

# Genetische Algorithmen

## ***Konkurrenz***

- Mit allen konkurrieren sie um die elementaren Lebensgrundlagen wie
  - Nahrung
  - Wasser
  - Licht
  - und in einigen Fällen auch um andere wichtige Dinge wie z.B. Wohnraum.

# Genetische Algorithmen

## *Fortpflanzung*

- Zusätzlich konkurrieren sie auch noch mit den Mitgliedern der eigenen Spezies um die **Chance zur Fortpflanzung**.
- Nur die Individuen, die soweit überleben und sich so weit durchsetzen, dass sie sich fortpflanzen können, haben in diesem biologischen Sinn ihr Lebensziel erreicht.
- Das im evolutionären Sinn definierte Lebensziel eines Individuums ist also eine maximale Verbreitung seiner eigenen Gene.

# Genetische Algorithmen

## ***Bewertung***

- In diesem Sinn lässt sich also eine Bewertung der Individuen durchführen.
- Diese ist von uns dann im Modellbildungsprozess nachzubilden.
- Auf der Grundlage dieser Bewertung erfolgen dann die Veränderungen der Populationen durch Fortpflanzung.

# Genetische Algorithmen

## ***Der Prozess erfolgt nicht gradlinig***

- Es gibt
  - echte Unfälle und andere Zufälle in der Natur, die nicht im exakten mathematischen Sinne den Kriterien des Optimalen gerecht werden.
  - Auch das kann Teil des zu modellierenden Prozesses sein.
- Dass zu gradlinige Entwicklungen z.B. durch lokale Optimierung leicht zum Verrennen in lokale Maxima führen können, sollten wir bei den greedy Algorithmen gelernt haben.

# Genetische Algorithmen

## Die wichtigen Komponenten eines GA

- der Pool
- die Mutation
- das Crossing-over
- die Fitness
- die Selektion
- die Generationenfolge

# Die wichtigen Komponenten eines GA

## Der Pool

- Es wird - in der Regel mit einem Zufallsprozess - eine größere Zahl von Individuen erzeugt, die für sich lebensfähig sind.
  - Beim TSP müssen es also, wenn auch schlechte, aber mögliche Rundwege sein.
  - Sie stellen in diesen Fall selbst die Gene dar.

# Die wichtigen Komponenten eines GA

## Die Mutation

- Einige zufällig ausgewählte "Gene" werden an zufällig ausgewählten Stellen verändert.
  - Beim TSP wird beispielsweise eine Stadt durch eine andere ersetzt.
  - Beim CLP könnte beispielsweise ein Stück eines Containers durch ein anderes ersetzt werden.

# Die wichtigen Komponenten eines GA

## Das Crossing-over

- Es werden zufällig je zwei Individuen ausgewählt und mit ihnen ein Kreuzen der "Gene" durchgeführt.
  - Beim tsp wählt man z.B. zwei Positionen in den Touren aus und tauscht deren Verlauf zwischen den beiden Touren aus.

# Die wichtigen Komponenten eines GA

## ***Zufälligkeit***

- Gerade die mögliche ***ungezielte*** Veränderung von Individuen durch die beiden angeführten Schritte
  - Mutation und
  - Crossing-over

ist wichtig für die Lösung von Suchproblemen mit Genetischen Algorithmen, da sie uns die Möglichkeit gibt, das Problem des Hängenbleibens in lokalen Maxima zu vermeiden.

# Die wichtigen Komponenten eines GA

## Die Fitness

- Oben wurde angegeben, dass eine einfache Bewertungsfunktion für die Güte der Individuen vorliegen muss.
- Ihr Wert definiert die Fitness der Individuen im simulierten genetischen Prozess.

# Die wichtigen Komponenten eines GA

## Die Selektion

- Auf der Grundlage der Bewertung durch die Fitnessfunktion werden die Individuen ausgewählt.
- Es gibt verschiedene Modellierungen der Kriterien bei dieser Auswahl, die alle gemeinsam haben, dass Individuen mit höherer Fitness eine bessere Chance haben, in der nächsten Generation aufzutreten, als schlechtere Individuen.

# Die wichtigen Komponenten eines GA

## Die Generationenfolge

- Die ausgewählten Individuen bilden den Pool der nächsten Generation.
- Es wird also ein Wiederholungsprozess durchgeführt, bis irgendein Abbruchkriterium erfüllt ist.