

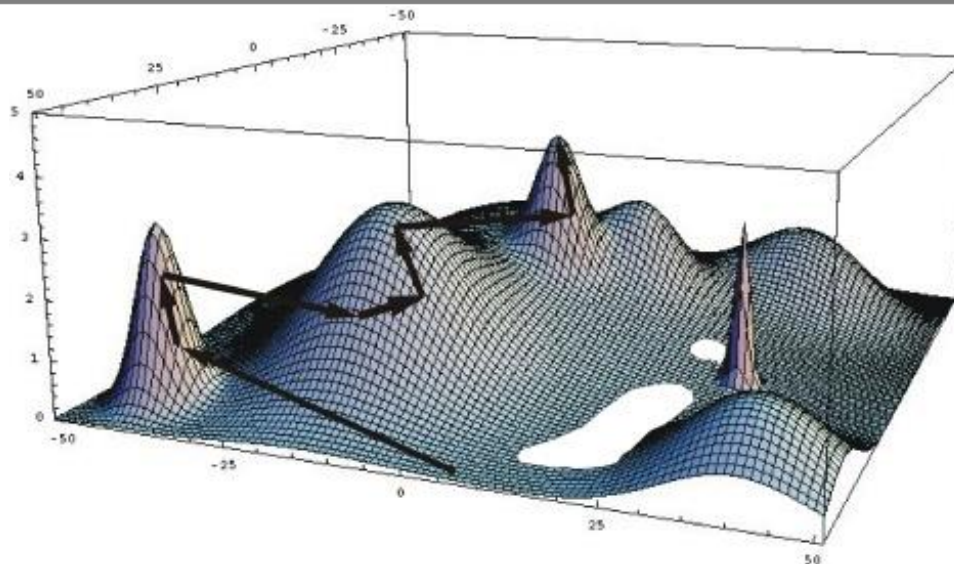
Vorlesung Computational Intelligence

Teil 4: Evolutionäre und Memetische Algorithmen

4.3 Ausgewählte Grundlagen der biologischen Evolution

Ralf Mikut, Wilfried Jakob, Markus Reischl

Institut für Angewandte Informatik (IAI) / Campus Nord



4.3 Ausgewählte Grundlagen der biologischen Evolution

Übersicht

- Chromosome und Gene
- Evolutionsfaktoren
- Prinzipien der Informationsverarbeitung der Evolution

Biologische Evolution durch Chromosome und Gene

Der Genetische Code ist der „Bauplan“ aller Lebewesen auf der Erde.

Alphabet = { **A**denin, **C**ytosin, **G**uanin, **T**hymine } (*Nukleotide*)

Ein **Chromosom** besteht aus Nukleotiden:

A-G-C-A-T-A-C-G-T-G-A-G-A-A-G-T-C-C-T-G-T...

Gene sind Nukleotidsequenzen mit zuordenbarer phänotypischer Bedeutung.

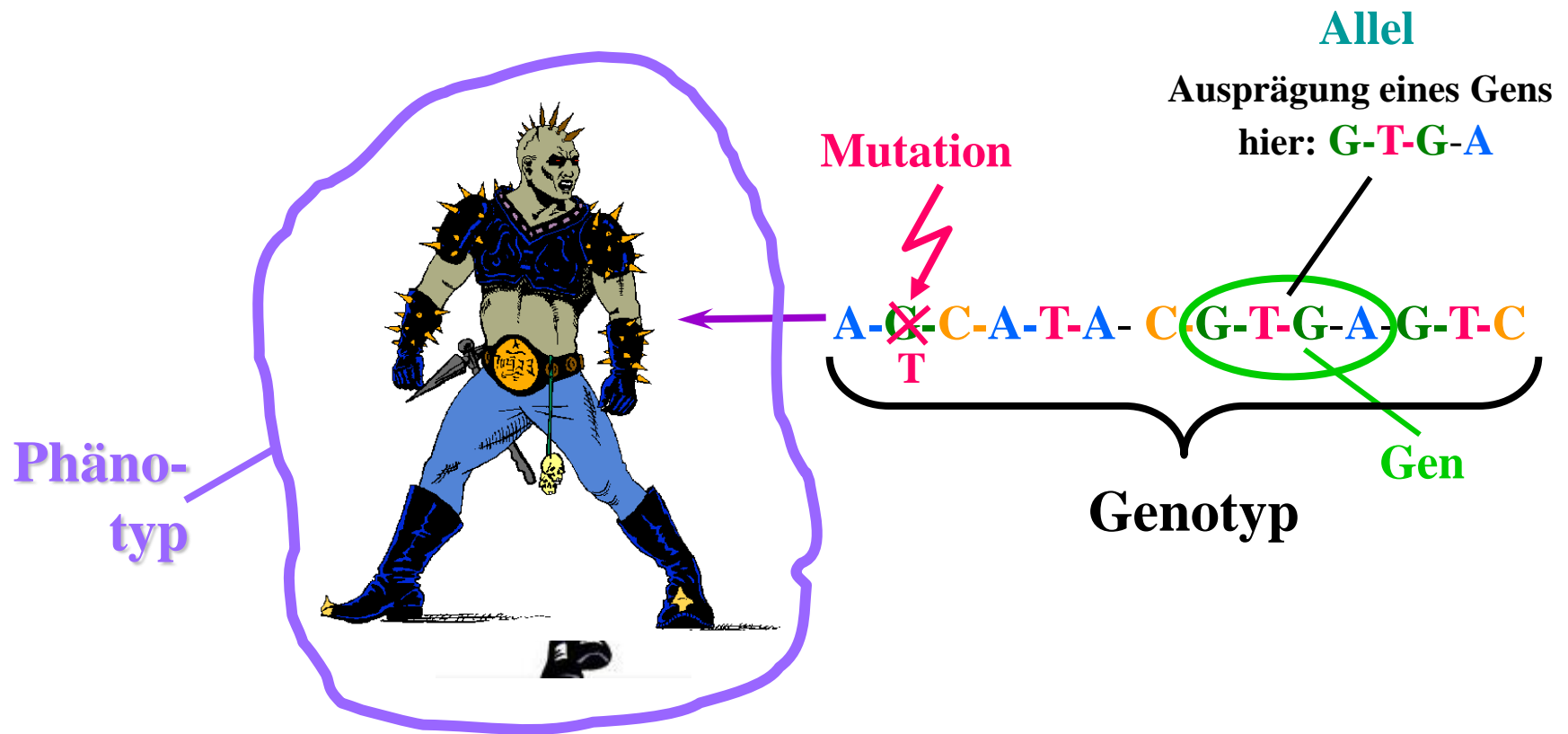
Eine direkte Zuordenbarkeit ist eher selten:

- **Pleiotropie:** Ein Gen bestimmt mehrere phänotypische Merkmale
- **Polygenie:** Mehrere Gene bestimmen ein phänotypisches Merkmal
Bei höheren Lebewesen häufig

Dimensionen:

- Bakterien haben ca. $4 \cdot 10^6$ Nukleotide (ca. 4.500 Gene)
- Der Mensch hat ca. $3 \cdot 10^9$ Nukleotide (ca. 20.000- 25.000 Gene)

Genotyp und Phänotyp:



Evolutionsfaktoren:

- **Mutation**
- **Rekombination und Crossover**
- **Selektion und Population**
- **Isolation und Migration**
- **Epigenetik**

■ Mutation

Spontane zufällige Veränderung des Erbmaterials, **phänotypisch ungerichtet**

- **Genmutation**
Veränderung des Allelzustands eines Gens
- **Chromosomenmutationen**
Veränderung der Chromosomenstruktur
- **Genommutation**
Veränderung der Anzahl einzelner Chromosomen oder ganzer Sätze

■ Rekombination und Crossover

Rekombination: Weitgehend zufällige Vermischung der einfachen elterlichen Chromosomensätze bei der Bildung der befruchteten diploiden Keimzelle

Crossover: Austausch erfolgt bei der Keimzellenbildung durch Brücken und Kreuzungen der homologen Chromosome (gleichartige Chromosome, unterschiedliche Allele möglich).

Bewirkt meist nur Allel-Austausch.

Andernfalls erfolgen Chromosomenmutationen:

- Löschung von Chromosomenabschnitten
- Verdopplung von Chromosomenabschnitten
- Verschiebung von Chromosomenabschnitten (**Translokation**)
- **Inversion** eines Chromosomenabschnittes (Umkehrung der Reihenfolge)

■ Selektion und Population

Selektion: Bewirkt, dass die im Sinne der Umweltbedingungen Bestangepassten ihre Erbanlagen mit höherer Wahrscheinlichkeit an die Folgegeneration weitergeben.

Population: Menge an Individuen, die Nachkommen erzeugen können.

Einige Eigenschaften:

- Das eigene Genmaterial ist aus Sicht eines Individuums fixiert.
- Das Genmaterial einer Population (**Genpool**) variiert und ändert sich.
- Die **genotypische Varianz** einer Population ist wesentlich für die Anpassungsfähigkeit einer Art an Umweltänderungen.
- Mutationen sorgen für genotypische Varianz.
- Bei hinreichender genotypischer Varianz bewirkt die Rekombination eine schnellere Anpassung einer Art als die reine Mutation.
(Daher dominiert bei höheren Lebewesen die geschlechtliche Vermehrung)

■ Isolation und Migration

- Geographische Trennung bewirkt Aufteilung einer Population: Entstehung von Teilgruppen oder **Demes** (**Isolation**).
- Vermehrung findet in den Teilgruppen statt und nicht in der Gesamtpopulation (keine **Panmixie**).
- Höhere Chance für Mutanten, sich zu behaupten.
- Wechsel einzelner Individuen zu anderen Demes (**Migration**) bewirkt Austausch von stärker differenziertem Erbmateriale.
- Ermöglicht bessere oder schnellere Anpassung.
- Isolation und Migration fördern die Herausbildung unterschiedlicher gut angepasster Individuen, deren Mischung eine verbesserte Qualität hervorbringen kann.

■ Epigenetik

„jenseits konventioneller Genetik“ (genaue Definition steht noch aus)

- An- und Abschalten von Genen bei unveränderter DNA-Sequenz, Regulierung der Intensität ihres Einflusses (Promotor-Abschnitte)
- **Methylierung**, ein wichtiger biochemischer Schaltmechanismus, Andocken von Methylgruppen bei unveränderter DNA:
 - Methylierung unterliegt Umwelteinflüssen.
 - Methylierung ist (vergleichsweise leicht) umkehrbar.
 - Methylierung kann vererbt werden und unterliegt dann auch den Mechanismen der Genetik.
 - Vererbte Methylierung kann sich über Generationen abschwächen.
- Epigenetische Mechanismen sind auch ein Wirkprinzip der Entwicklungssteuerung von Zellen und Lebewesen.

■ Prinzipien der Informationsverarbeitung der Evolution:

■ Bezogen auf das einzelne **Lebewesen**:

- zufällige Mischung der elterlichen Erbinformation
- zufällige Veränderung von (kleinen) Teilen der Erbinformation
- je größer die **Fitness**, desto höher die Wahrscheinlichkeit zur Reproduktion
- Umwelteinflüsse können die Erbinformation im Sinne der Epigenetik verändern.

■ Bezogen auf die **Population**:

- Räumliche Einschränkung bei der **Partnerwahl**
- Partnerwahl basierend auf der Fitness.
- Anpassungen erfolgen langsam im Verlauf von Generationen.

■ Bezogen auf die **kulturelle Evolution**:

- Weiterentwicklung erlernbarer Fähigkeiten im Laufe einer Lebensspanne
- Weitergabe von erlernbaren Fähigkeiten an die nächste Generation

