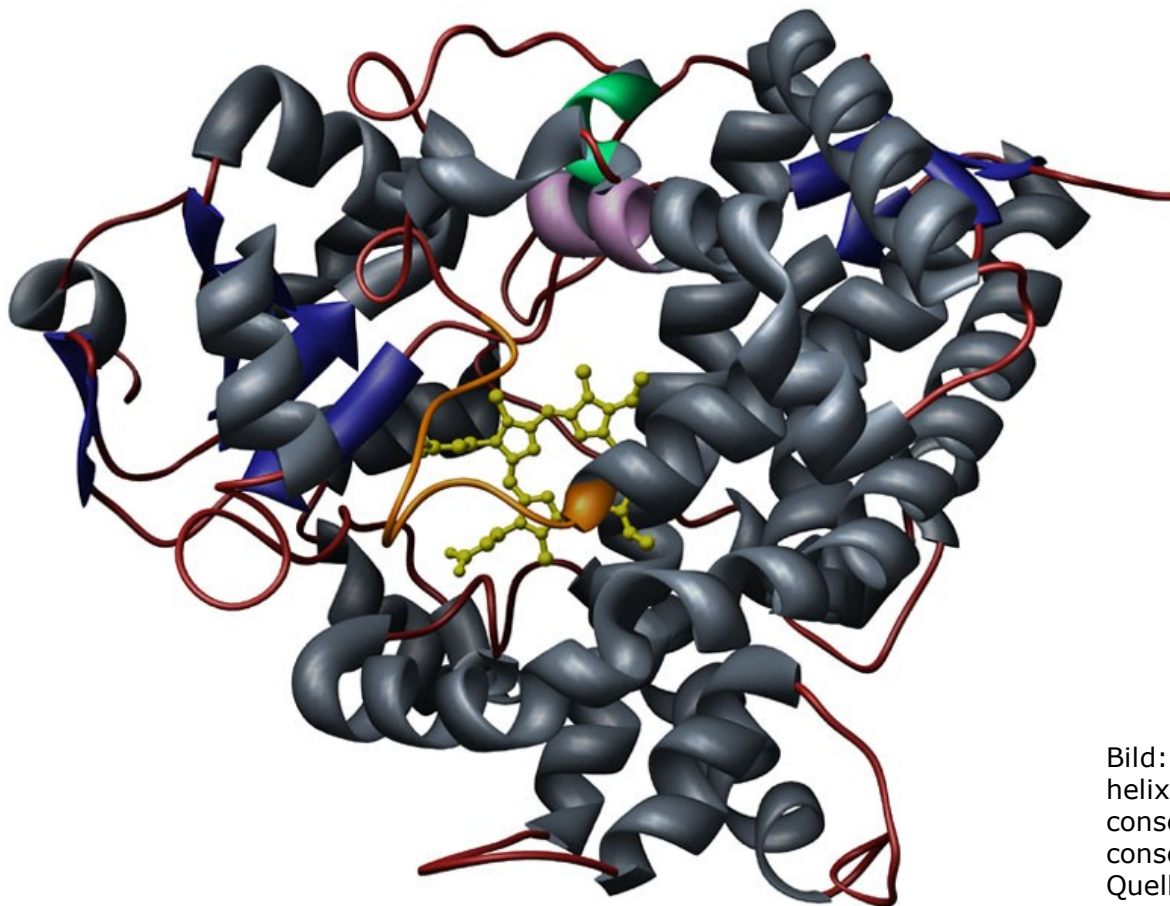


Prof. Dr. Alexander del Pino  
Fachbereich Informatik  
Sommersemester 2007

## Genetische Algorithmen

---



10. Teil

Memetische  
Algorithmen

Bild: CYP3A4 [1TQN, Homo sapiens] ribbon detail. Color key:  
helix structures, gray; strand structures, blue; PERF  
consensus, green; K-helix consensus, purple; heme-binding  
consensus, orange; heme ligand, yellow  
Quelle: <http://p450.kvl.dk/gallery/CYP3A4.jpg>

# Memetische Algorithmen

## Worum geht es ?

Bisher haben wir uns mit Algorithmen beschäftigt, welche nach den Konzepten der **biologischen Evolution** – Selektion, Mutation und Rekombination - konzipiert sind.

Die Fitness eines Lebewesens wird allerdings nicht ausschließlich durch dessen genetische Anlagen festgelegt, sondern auch stark durch die **Erfahrungen und Lernprozesse**, welche dieses Lebewesen durchläuft.

**Memetische Algorithmen** stellen eine Variante von genetischen Algorithmen dar, bei denen das auch Konzept einer **kulturellen Evolution** berücksichtigt wird.

Der Begriff **memetischer Algorithmus** wurde etwa 1989 von *Pablo Moscato* geprägt und basiert auf dem Konzept der **Meme** von *Richard Dawkins*.

Daneben wird manchmal auch der Begriff **hybrider genetischer Algorithmus** verwendet.

Memetische Algorithmen sind für viele Probleme schneller als vergleichbare klassische genetische Algorithmen und stellen oftmals den *state-of-the-art* dar.

# Memetische Algorithmen

## Kulturelle Evolution (cultural evolution)

*Richard Dawkins:*

Most of what is unusual about man can be summed up in one word: 'culture'. I use the word not in its snobbish sense, but as a scientist uses it. Cultural transmission is analogous to genetic transmission in that, although basically conservative, it can give rise to a form of evolution.

[...]

It is our own species that really shows, what cultural evolution can do. Language is only one example out of many. Fashions in dress and diet, ceremonies and customs, art and architecture, engineering and technology, all evolve in historical time in a way that looks like highly speeded up genetic evolution, but has really nothing to do with genetic evolution.

[...]

Quelle: R. Dawkins: *The Selfish Gene*. Oxford University Press, 30th anniversary edition, 2006, (first published 1976).

# Memetische Algorithmen

## Replikatoren und Meme

*Richard Dawkins:*

What, after all, is so special about genes? The answer is that they are **replicators**. [...] But do we have to go to distant worlds to find other kinds of replicator and other, consequent, kinds of evolution? I think that a new kind of replicator has recently emerged on this very planet. [...]

We need a name for the new replicator, a noun that conveys the idea of a unit of cultural transmission, or a unit of imitation. 'Mimeme' comes from a suitable greek root, but I want a monosyllable that sounds a bit like 'gene'. I hope my classicist friends will forgive me if I abbreviate mimeme to **meme**. [...]

Examples of memes are tunes, ideas, catch-phrases, clothes fashions, ways of making pots, or of building arches.

Quelle: R. Dawkins: *The Selfish Gene*. Oxford University Press, 30th anniversary edition, 2006, (first published 1976).

# Memetische Algorithmen

## Meme

*Richard Dawkins:*

When you plant a fertile meme in my mind, you literally **parasitize** my brain, turning it into a vehicle for the meme's propagation in just the way that a virus may parasitize the genetic mechanism of a host cell. [...]

The computers in which memes live are human brains.

Time is possibly a more important limiting factor than storage space, and it is the subject of heavy competition. The human brain, and the body that it controls, cannot do more than one or a few things at once.

If a meme is to dominate the attention of a human brain, it must do so at the expense of 'rival' memes.

Other commodities for which memes compete are radio and television time, billboard space, newspaper column-inches, and library shelf-space.

Quelle: R. Dawkins: *The Selfish Gene*. Oxford University Press, 30th anniversary edition, 2006, (first published 1976).

# Memetische Algorithmen

## Ein einfacher memetischer Algorithmus

Ein einfacher memetischer Algorithmus ist ein genetischer Algorithmus, welcher die Fähigkeit hat, durch eine lokale Suche zu lernen.

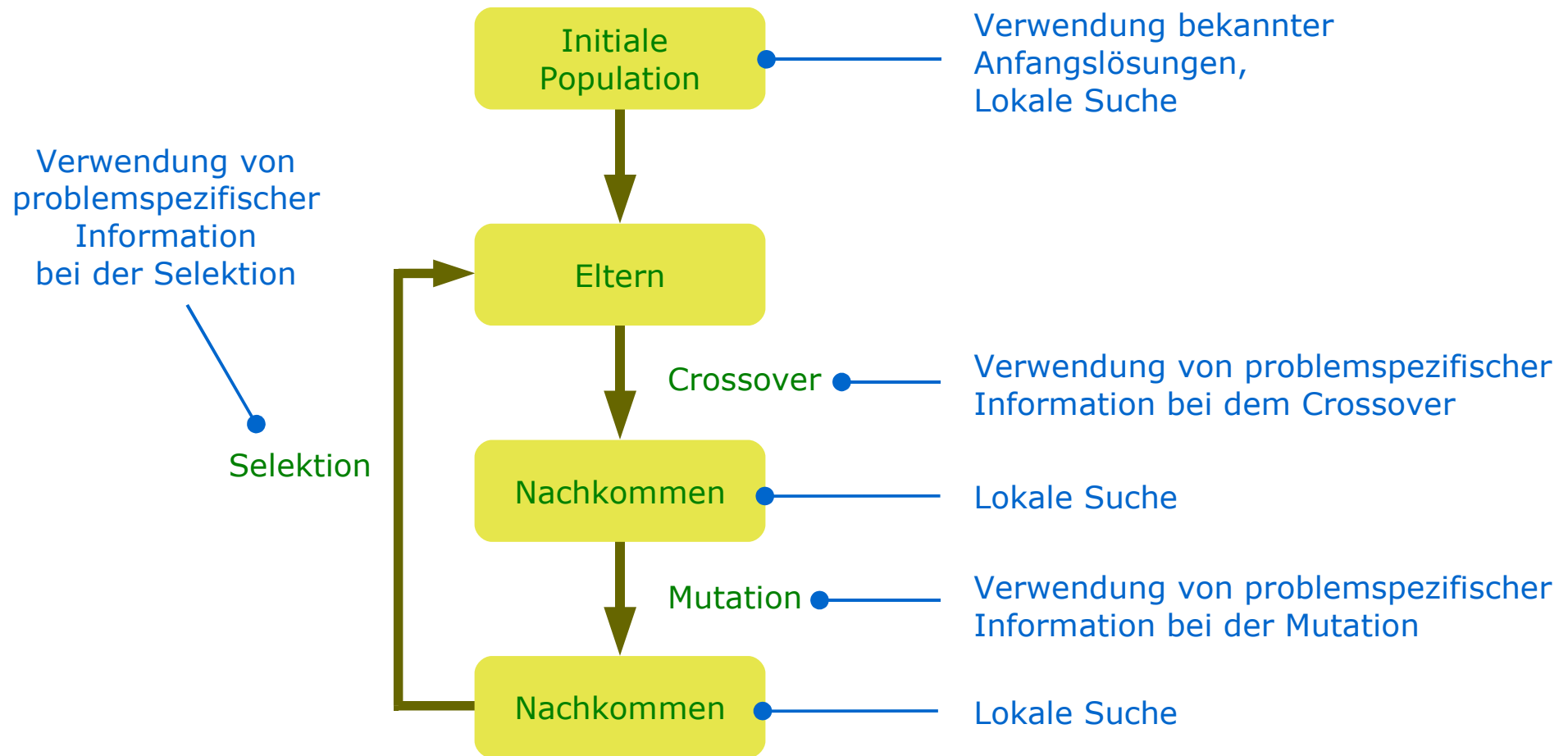
### Beispiel

```
generation = 0;  
Erzeuge eine initiale Population P;  
while (Abbruchbedingung nicht erreicht) {  
    Rekombination;  
    Mutation;  
    Verbesserung durch lokale Suche;  
    Selektion der Nachkommen;  
    generation++;  
}  
return beste gefundene Lösung;
```

# Memetische Algorithmen

## Genetische vs. memetische Algorithmen

Es gibt mehrere Stellen, wo man in einen genetischen Algorithmus mit der Fähigkeit zum Lernen erweitern kann:



Vgl. mit A. Eiben: *Introduction to Evolutionary Computing*. Springer-Verlag, 2003, S. 179

# Memetische Algorithmen

## Lokale Suche

Bei der lokalen Suche in einem Raum wird davon ausgegangen, dass jedes Element Nachbarschaftsbeziehungen zu anderen Elementen besitzt. Diese Nachbarelemente werden bis zu einer gewissen Suchtiefe nach Elementen abgesucht, die eine bessere Fitness als das Ausgangselement besitzen.

### Beispiel

```
bestesAktuellesElement = StartElement;
for (maximale Anzahl der lokalen Suchschritte) {
    N = Nachbarn(bestesAktuellesElement);
    foreach (n ∈ N) {
        if (fitness(n) > fitness(bestesAktuellesElement)) {
            bestesAktuellesElement = n;
        }
    }
}
return bestesAktuellesElement;
```

 Was genau kann man mit einer lokalen Suche erreichen ? Was nicht ?

# Memetische Algorithmen

## Wie wirkt sich die lokale Suche aus ?

Bei memetischen Algorithmen gibt es zwei Möglichkeiten, wie sich das Ergebnis einer lokalen Suche auswirken kann.

- Bei dem **lamarckischen memetischen Algorithmus** werden Verbesserungen, die durch die lokale Suche gefunden wurden, an die Nachkommen weitergegeben.

- Hierzu werden die gefundenen Verbesserungen in den Genotyp des Kandidaten hineinkodiert. Dies ist nur möglich, wenn die Abbildung vom Phänotyp zum Genotyp mit vertretbaren Kosten berechnet werden kann.

- Dies steht im **Gegensatz** zu dem zentralen Dogma der Biologie, aber im Rahmen von memetischen Algorithmen sind wir nicht daran gebunden.

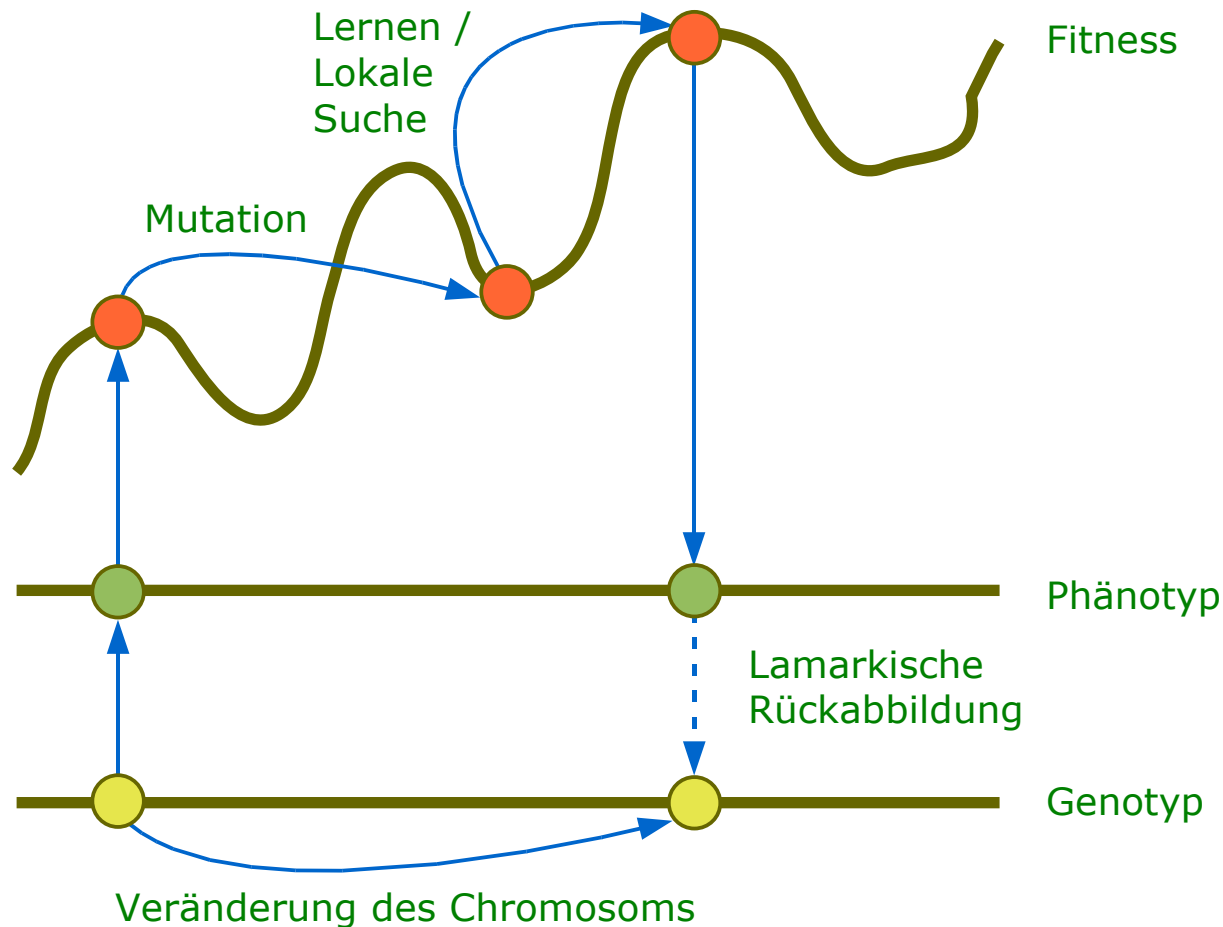
- Aus dem **zentralen Dogma der Biologie** folgt, dass erworbene Eigenschaften nicht in die DNS zurückgeschrieben werden können.



# Memetische Algorithmen

## Lamarckischer memetischer Algorithmus (Lamarckian memetic algorithm)

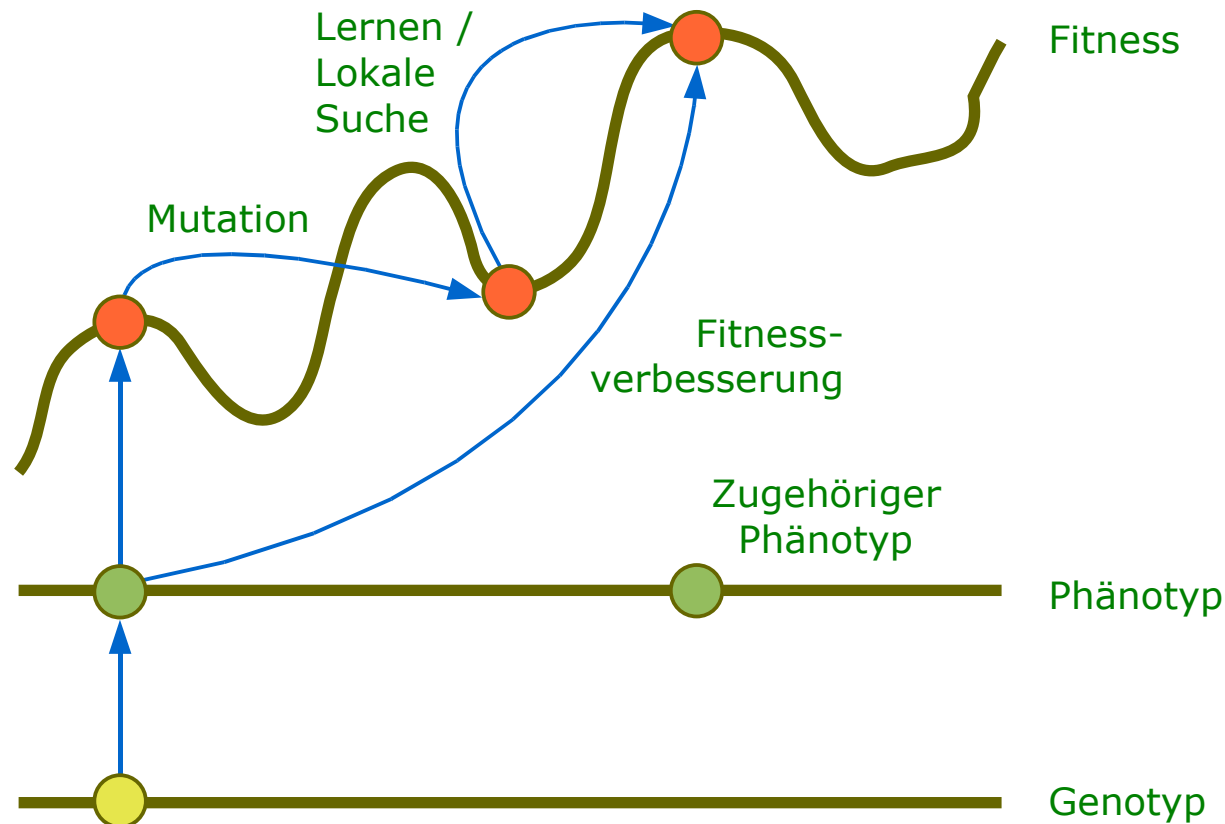
Bei einem lamarckischen memetischen Algorithmus wird das Erbgut des Kandidaten gemäß den Verbesserungen verändert:



# Memetische Algorithmen

## Baldwinischer memetischer Algorithmus

Bei dem baldwinischen memetischen Algorithmus können die erlernten Verbesserungen nicht den Nachkommen weitergegeben werden, sondern erhöhen lediglich die Fitness des Kandidaten:



# Memetische Algorithmen

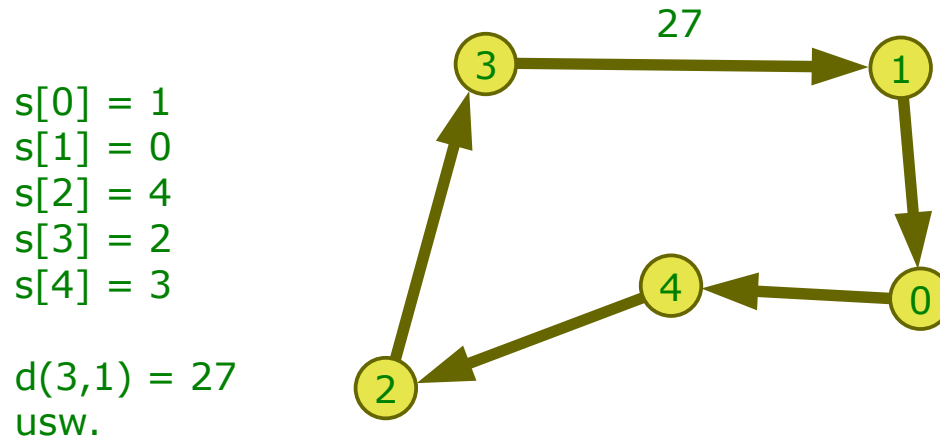
## Hörsaalübung

Wandeln Sie einen einfachen genetischen Algorithmus für das Problem des Handlungsreisenden in einen memetischen Algorithmus um.

Überlegen Sie sich hierzu, was der Begriff lokale Suche in diesem Zusammenhang bedeutet und geben Sie ein Beispiel an.

Nehmen Sie an, dass der Phänotyp ein Integerfeld  $s$  mit einer Permutation von  $n$  Städten ist, und eine Methode  $d(i,j)$  die Distanz der beiden Städte  $i$  und  $j$  zurückliefert.

Beispiel:



# Memetische Algorithmen

## Hörsaalübung

Nach der Mutation und vor der Berechnung der Fitness soll folgende lokale Suche stattfinden:

```
for i=0 to n-4
  if (d(s[i],s[i+1]) + d(s[i+1],s[i+2]) + d(s[i+2],s[i+3]) >
      d(s[i],s[i+2]) + d(s[i+2],s[i+1]) + d(s[i+1],s[i+3])) {
    vertausche(s[i+1], s[i+2]);
  }
}
```

