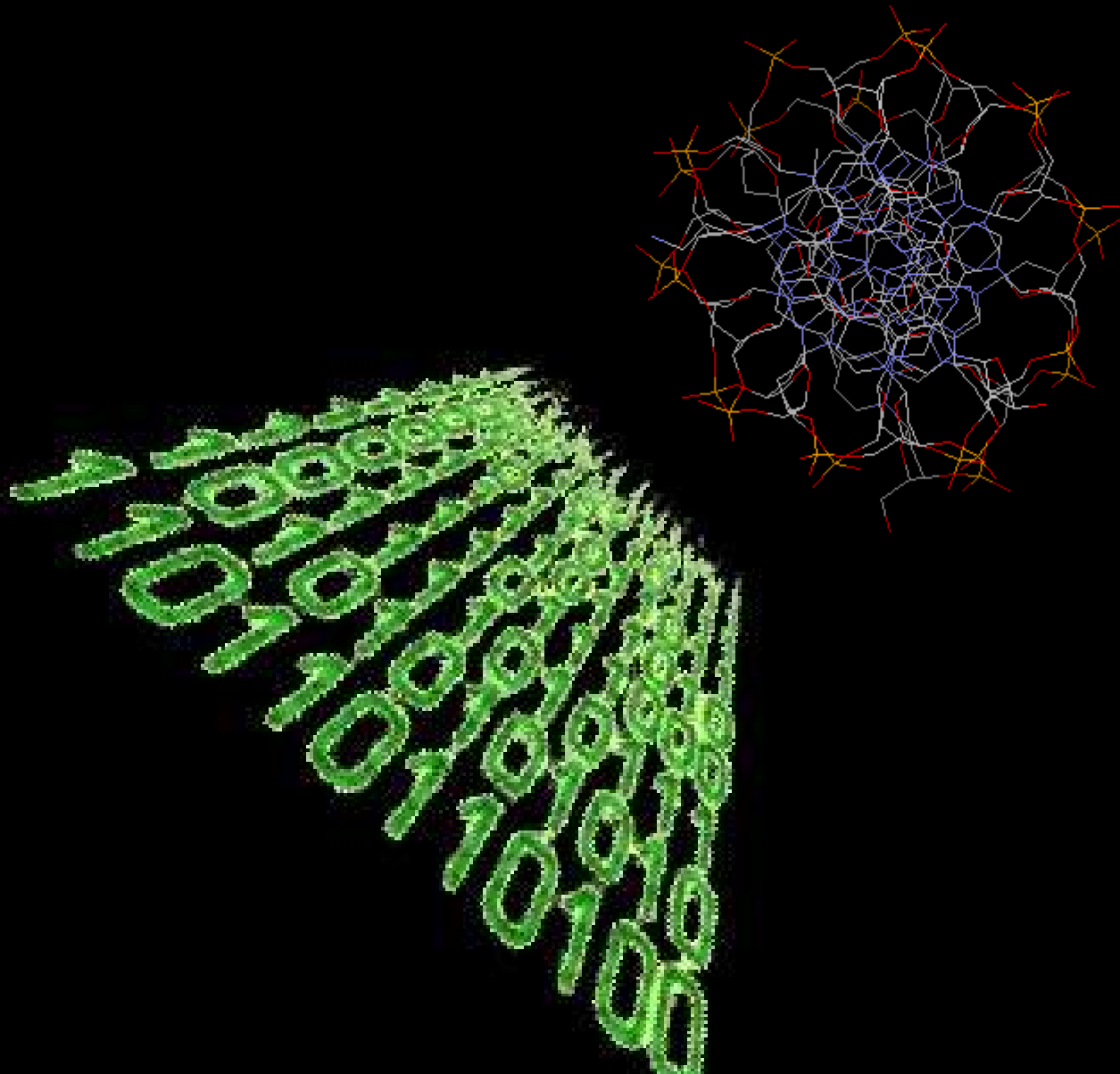
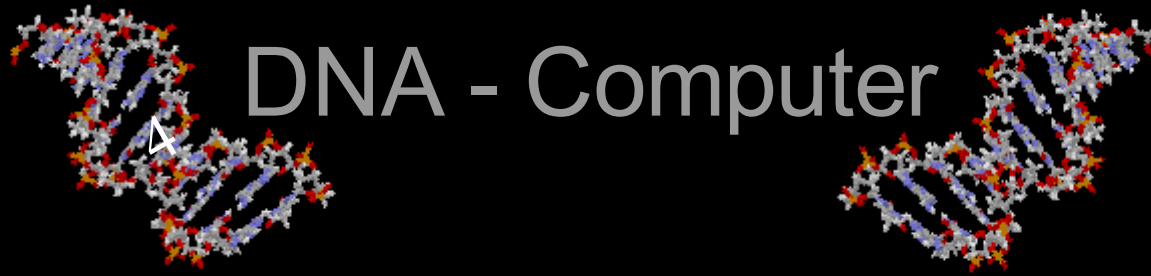


DNA - Computer



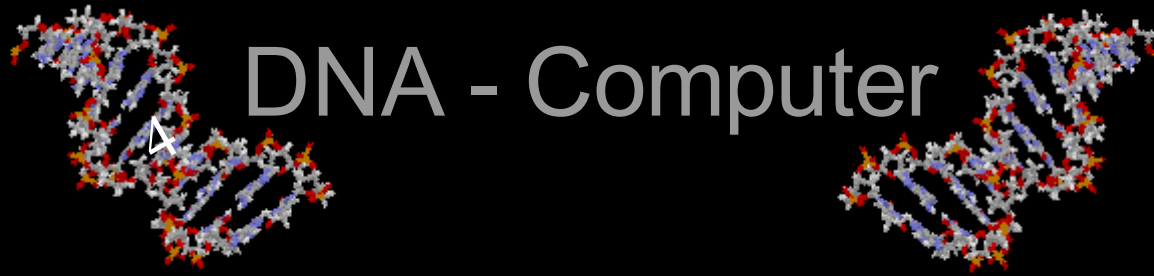
*GFS in Biologie
Sven Reichel*

01.02.2005



DNA - Computer

- Geschichte der Forschung
- Biologische Grundlagen
 - Wiederholung DNA
 - Natürliche Vorgänge
 - Gel-Elektrophorese
- DNA als Informationsspeicher
- Problem der Hamilton'schen Wege
 - Mathematisches Beschreibung
 - Ansatz - Durchführung - Lösung mittels DNA
- DNA vs. Silizium
- Die Zukunft



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

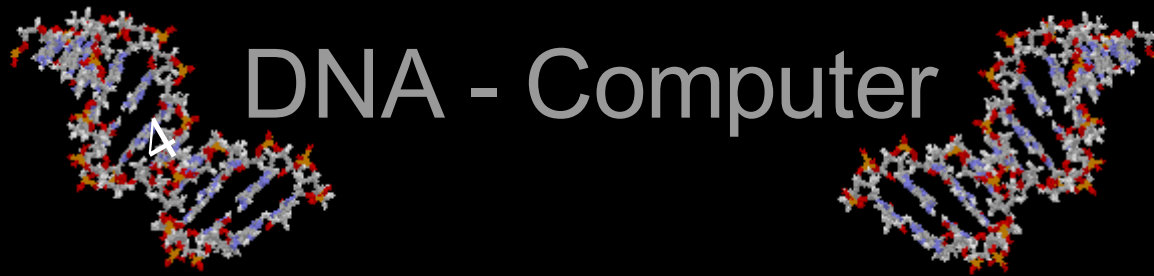
Durchführung

Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- 1950: Erwin Chargaff
- 1953: James Watson + Francis Crick
- 1965: Marshall Nirenberg + Heinrich Mathaei
- 1994: Leonard Adleman: Lösung eines math. Problems mit DNA
 - promovierte 1976 in Informatik
 - mathematische Fakultät Massachusetts
 - Erfinder der Verschlüsselungstechnik RSA



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

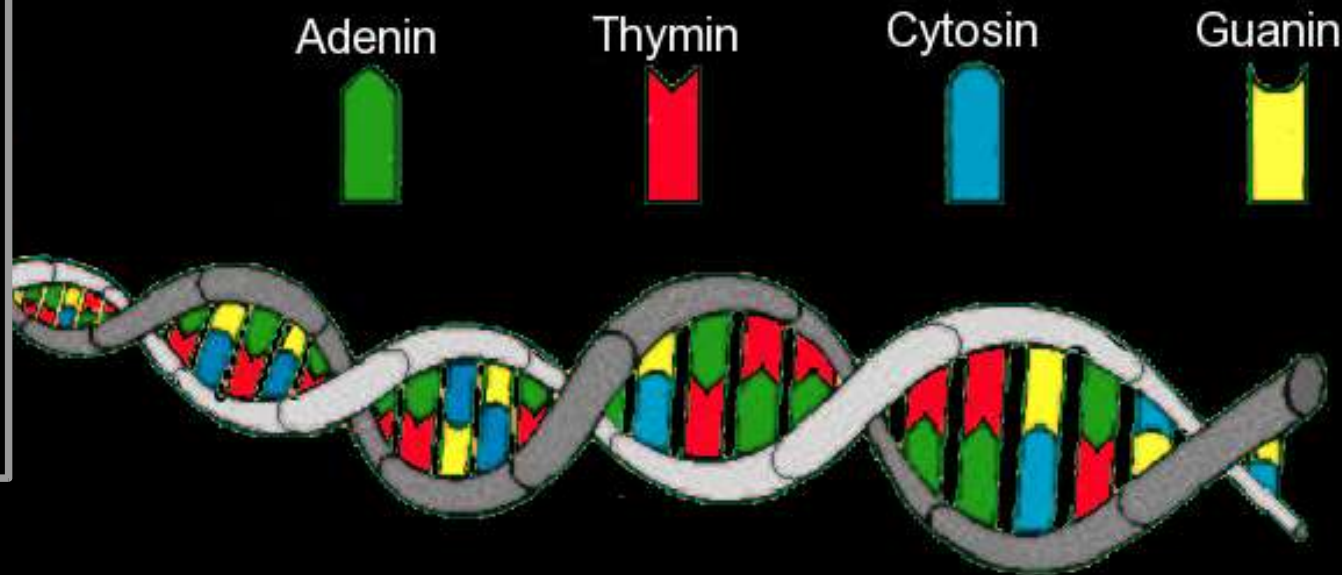
Durchführung

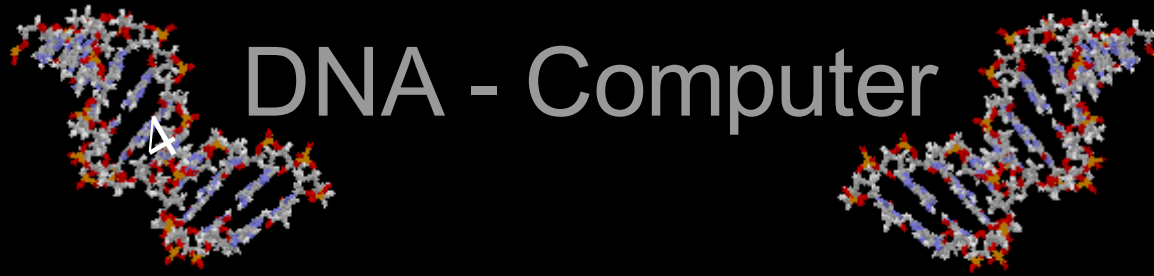
Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- DNA beinhaltet den Bauplan + Betrieb von Lebewesen (Informationen des Lebewesens)
- Informationen liegen auf der DNA hintereinander
- Kopie ohne Verlust (Zellteilung)





DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

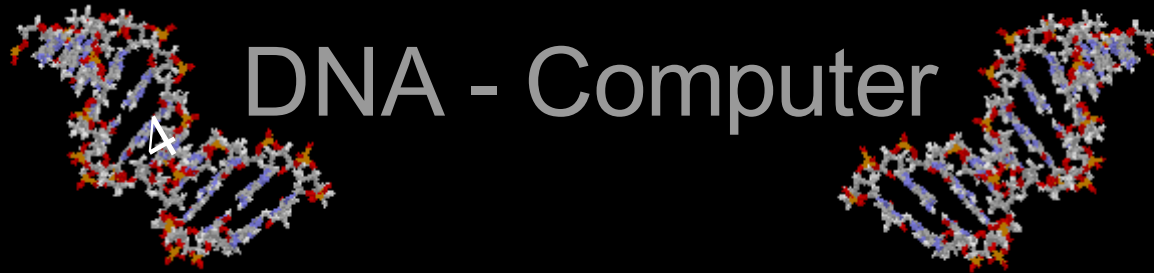
Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- Paarung komplementärer Stränge
- DNA-Polymerase
- Ligasen

DNA - Computer



Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- vom Mensch erfunden
- Ordnung von DNA-Strängen der Länge nach

Ausgangspunkt

große Fragmente

kleine Fragmente



DNA - Computer

- Zelle: Informationsspeicher

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

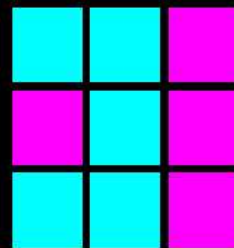
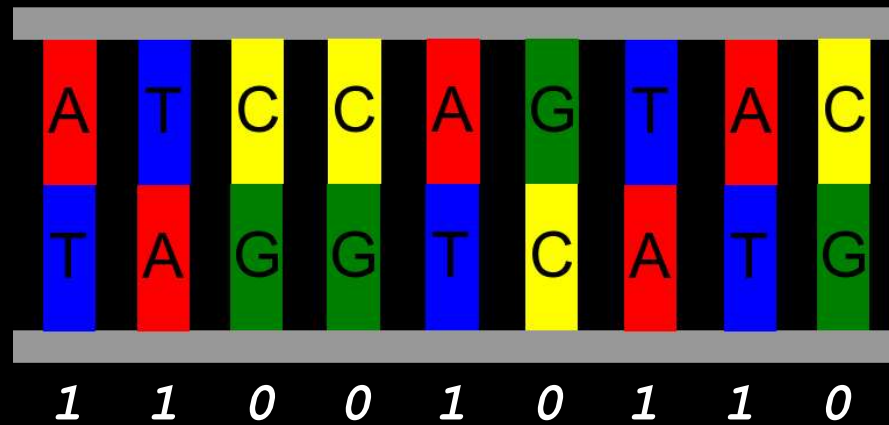
Ansatz

Durchführung

Lösung

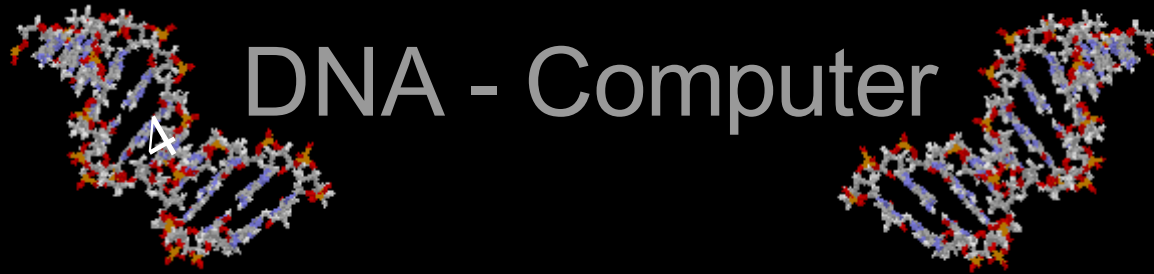
DNA vs. Silizium

Zukunft



1	1	0
0	1	0
1	1	0

110 010 110



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

Lösung

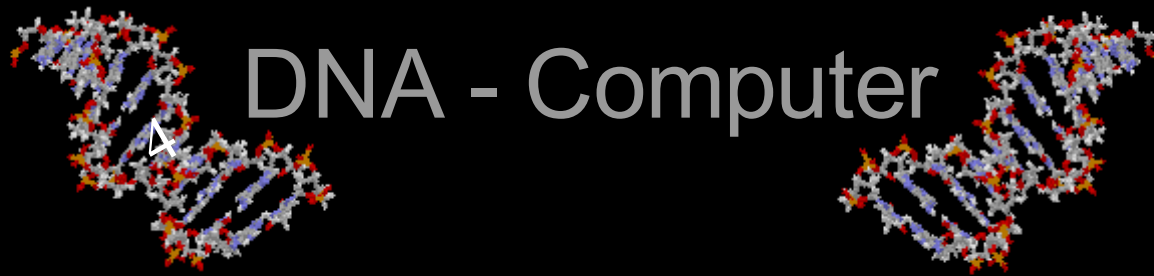
DNA vs. Silizium

Zukunft

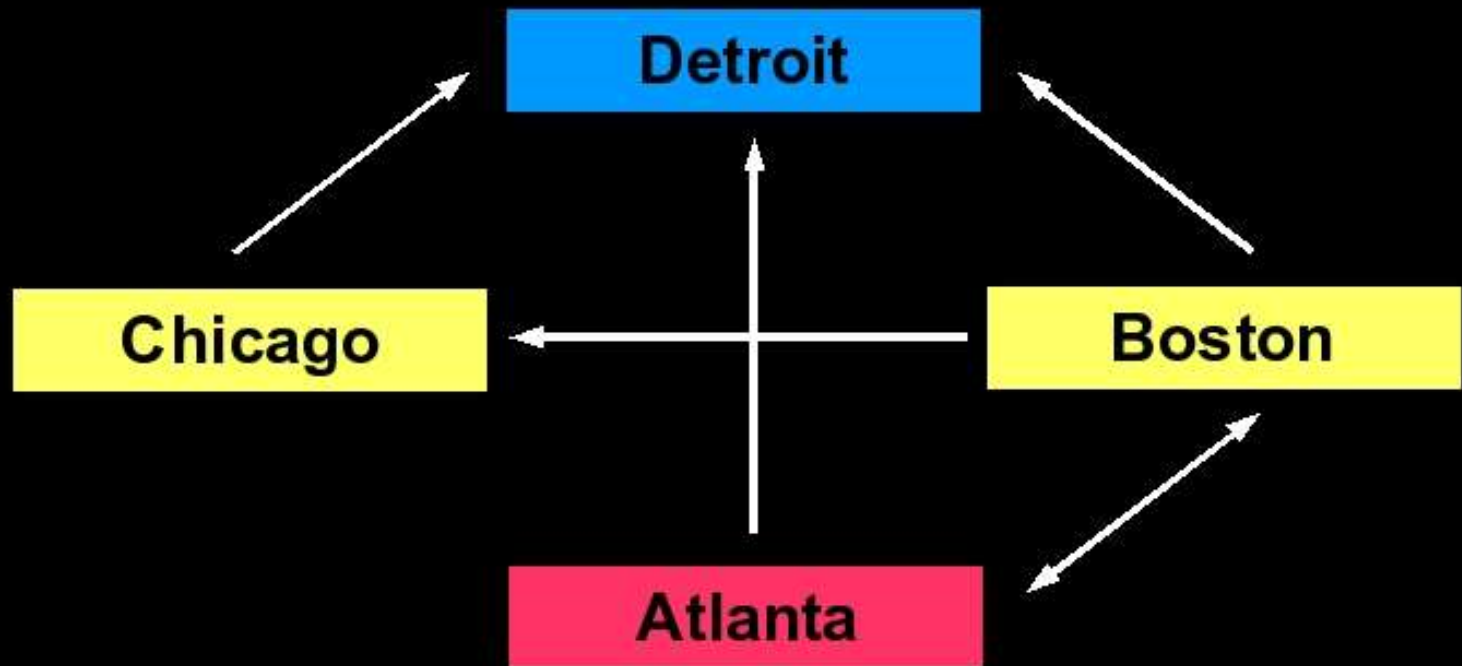
- eines der interessantesten Probleme der modernen Mathematik
- NP-vollständiges Problem

In einem gegebenen Graph mit gerichteten Kanten und ausgezeichnetem Start- und Zielknoten ist ein Hamiltonscher Weg eine Folge von Kanten, die im Startknoten beginnt, im Zielknoten endet und jeden Knoten genau einmal berührt.

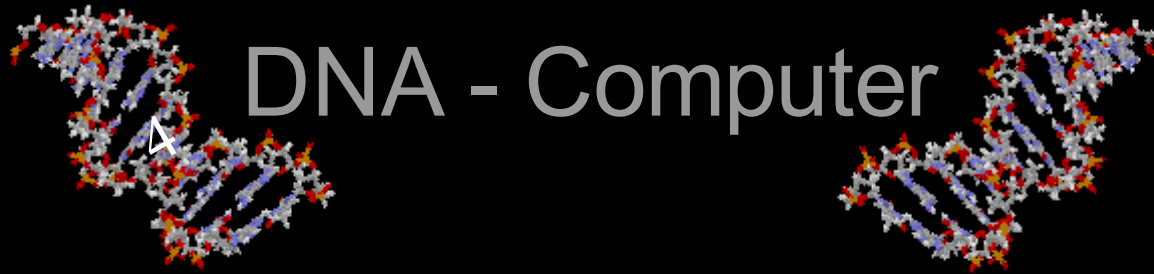
DNA - Computer



Geschichte
Grundlagen
DNA WH
nat. Vorgänge
Gel-Elektrophor.
Speicherung
Hamilton'scher Weg
mathematisch
Ansatz
Durchführung
Lösung
DNA vs. Silizium
Zukunft

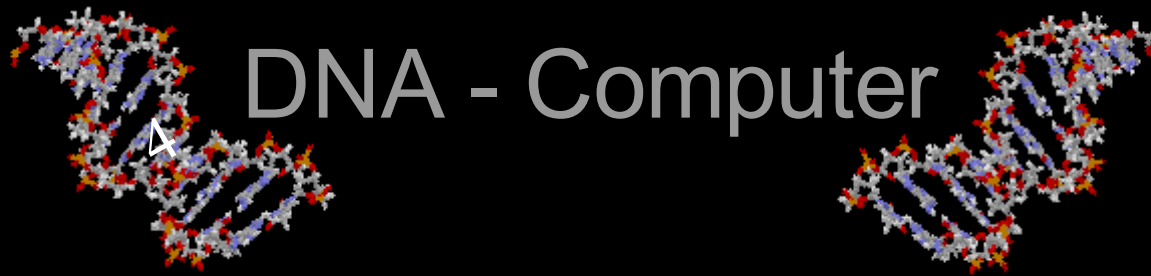


DNA - Computer



- Geschichte
- Grundlagen
- DNA WH
- nat. Vorgänge
- Gel-Elektrophor.
- Speicherung
- Hamilton'scher Weg**
- mathematisch**
- Ansatz
- Durchführung
- Lösung
- DNA vs. Silizium
- Zukunft





DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

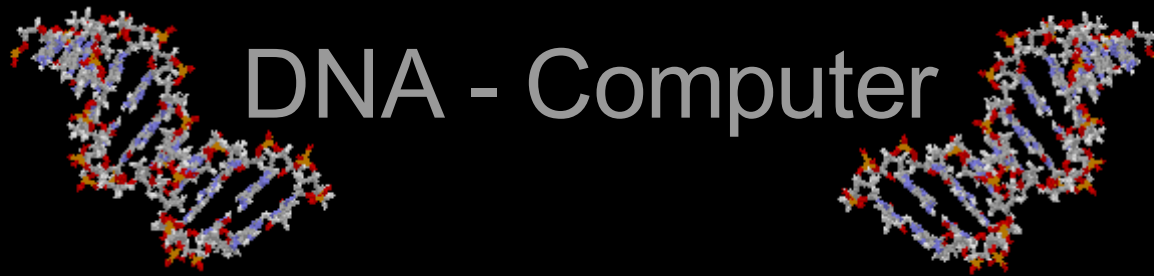
Durchführung

Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- 1) große Menge zufällig bestimmter Wege durch den Graphen erzeugen
- 2) entfernen der falschen Wege
- 3) wenn die Wege-Menge ungleich null, gibt es einen hamiltonschen Weg



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

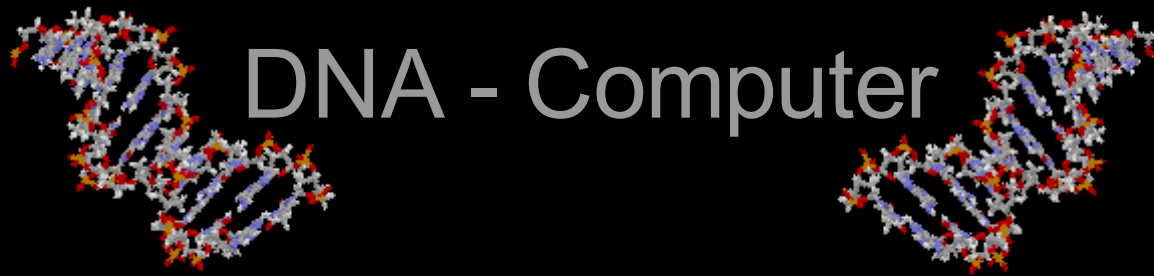
Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- Städte:

Stadt	DNA-Name	Komplement
Atlanta	ACTT GCAG	TGAA CGTC
Boston	TCGG ACTG	AGCC TGAC
Chicago	GGCT ATGT	CCGA TACA
Detroit	CCGA GCAA	GGCT CGTT



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

Lösung

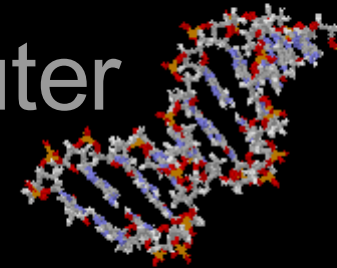
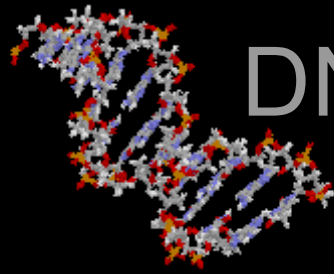
DNA vs. Silizium

Zukunft

- Flüge:

Flug	DNA-Flugnr.
Atlanta-Boston	GCAG TCGG
Atlanta-Detroit	GCAG CCGA
Boston-Chicago	ACTG GGCT
Boston-Detroit	ACTG CCGA
Boston-Atlanta	ACTG ACTT
Chicago-Detroit	ATGT CCGA

DNA - Computer



- Versuchsbeschreibung nach L. Adleman:

Ich gab eine winzige Menge (ungefähr 10^{14} Moleküle) von jeder der Sequenzen in ein gewöhnliches Reagenzglas. Das Auslösen der eigentlichen Berechnung gestaltete sich wie das Anrühren von Trockennahrung: Ich mußte nur Wasser, ein wenig Ligase, Salz und ein paar andere Zutaten hinzugeben, um annähernd die Bedingungen im Inneren einer Zelle herzustellen. Insgesamt wurde nur etwa ein fünfzigstel Teelöffel Lösung benutzt. Innerhalb einer Sekunde hielt ich die Lösung des Problems in der Hand.

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

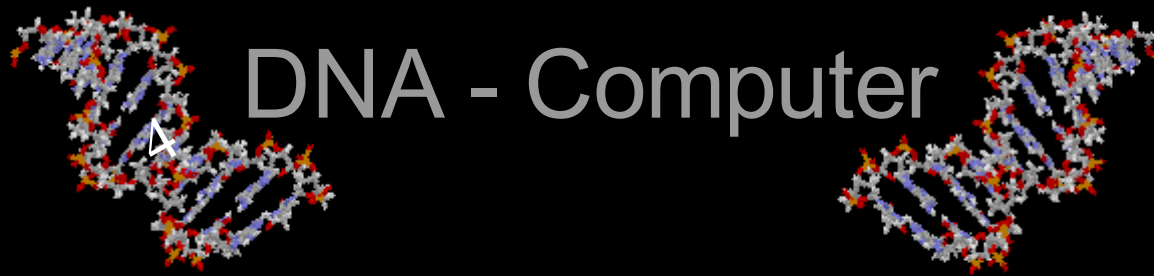
Ansatz

Durchführung

Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

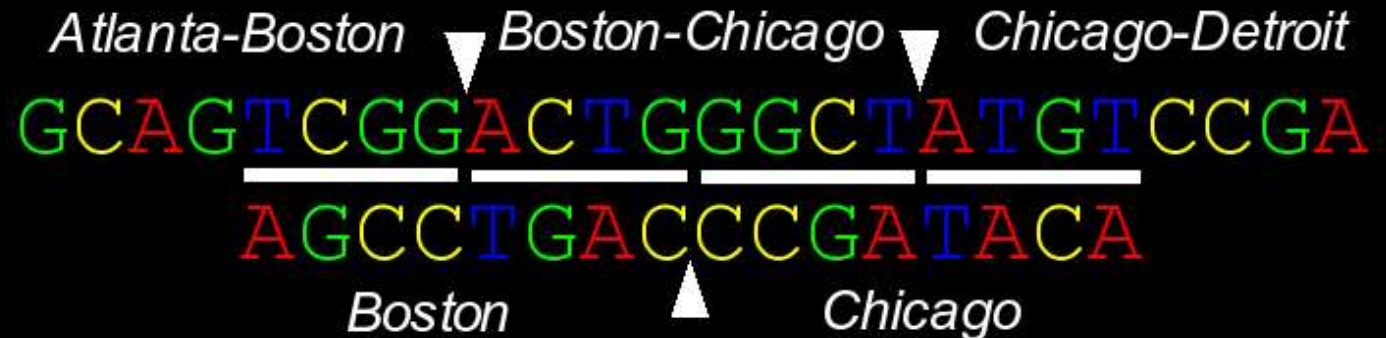
Durchführung

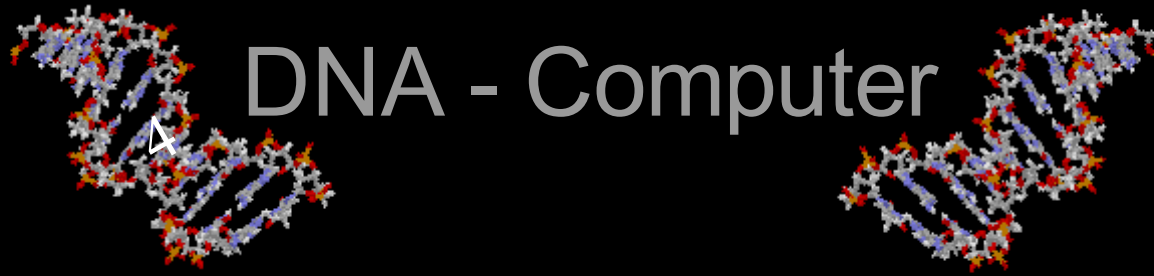
Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- hamilton'scher Weg:





DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

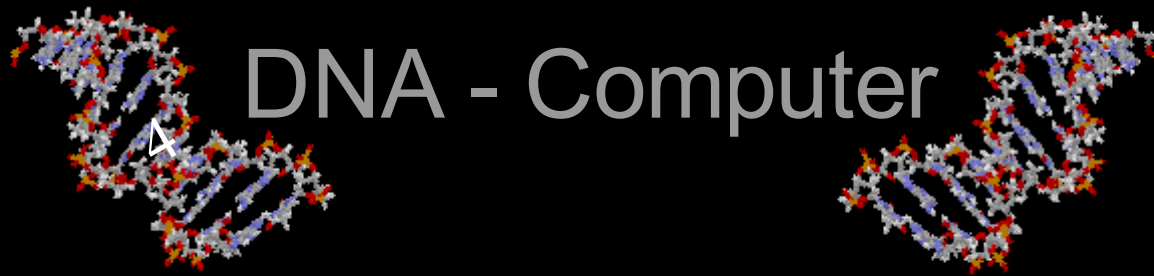
Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- mehrere Billionen falsche Wege
- Vermehrung der richtigen durch PCR
- Entfernen der Wege, die nicht mit der Anfangsstadt anfangen und mit der Zielstadt enden
- Entfernen der Wege, die nicht genau n Städte aufweisen
=> Gel-Elektrophorese
- Entfernen der Wege, die nicht alle Zwischenstationen enthalten

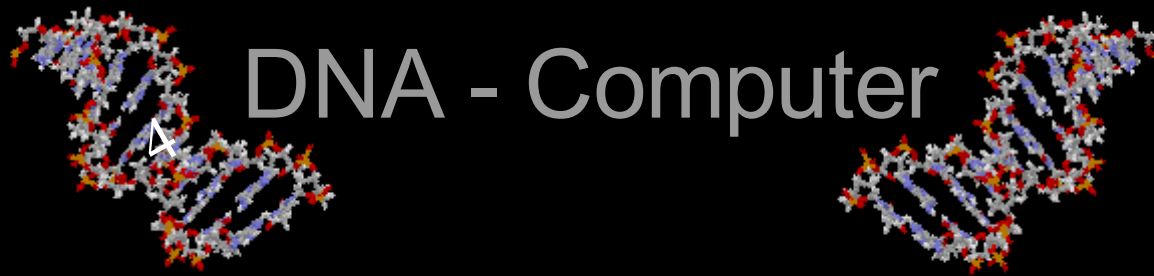
→ übriger DNA-Strang sequenzieren



DNA - Computer

- Geschichte
- Grundlagen
 - DNA WH
 - nat. Vorgänge
 - Gel-Elektrophor.
- Speicherung
- Hamilton'scher Weg
 - mathematisch
 - Ansatz
 - Durchführung
 - Lösung
- DNA vs. Silizium
- Zukunft

	DNA-Computer	Silizium-Rechner
Funktionsweise	parallel	seriel
Art	speziell	universell
Größe	Reagenzglas	Fußballplatz
Geschwindigkeit (Flops/sec)	10^{19}	10^{12}
Erweiterung	billig	teuer
Haltbarkeit (Jahre)	10^8	10^3



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

Lösung

DNA vs. Silizium

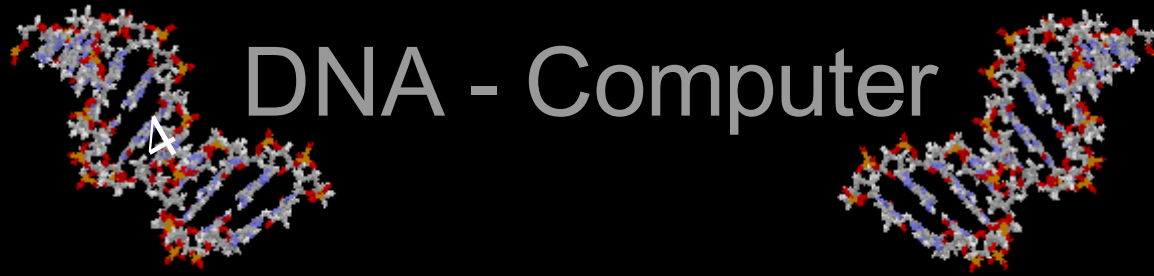
Zukunft

Speicherkapazität

- $6 * 10^{19}$ Moleküle mit jeweils 200 Basenpaaren
- $3 * 10^9$ TeraByte
- $4,5 * 10^{12}$ CDs
- 3,7 mio km
- 9 mal Erde-Mond



DNA - Computer



Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

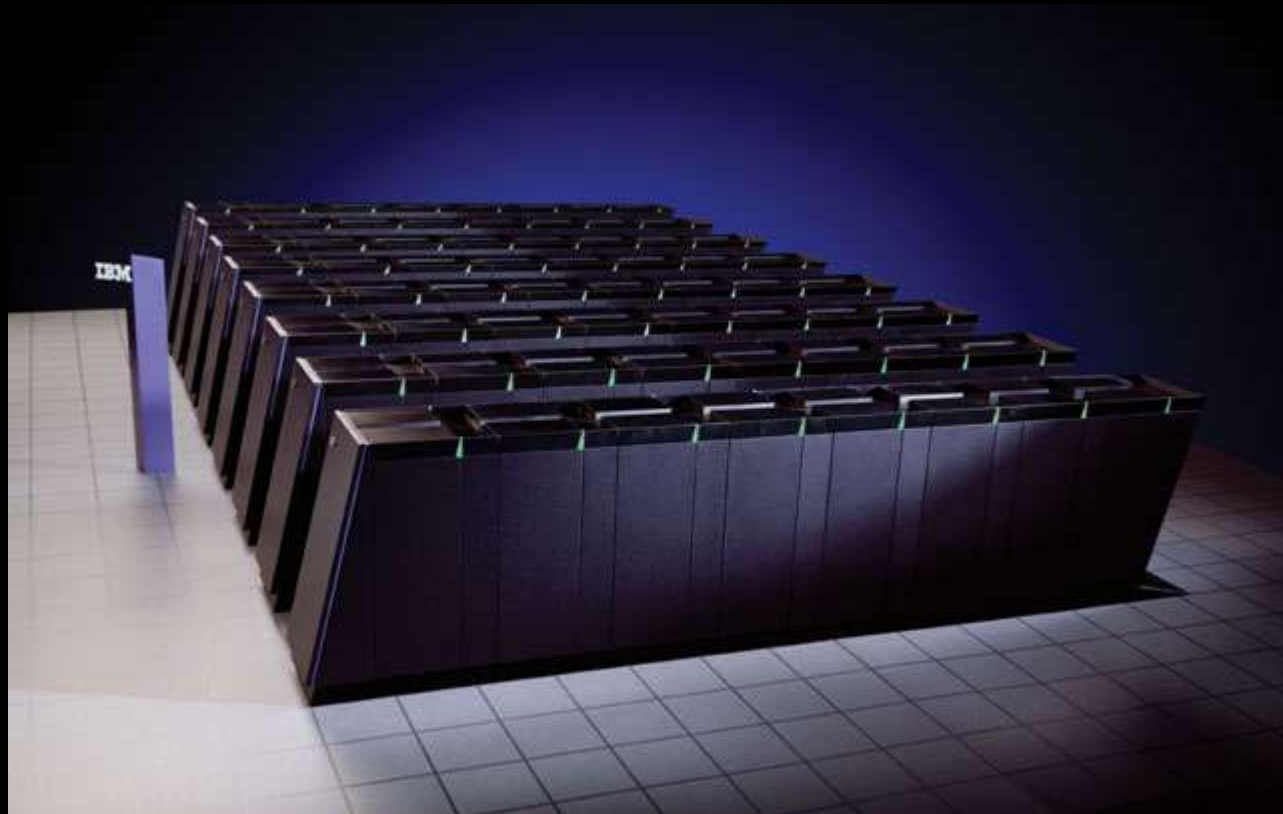
Durchführung

Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- BlueGene (IBM – USA): 70,9 Tflops/sec
- 141.043 mal langsamer als 6g DNA



DNA - Computer

Geschichte

Grundlagen

DNA WH

nat. Vorgänge

Gel-Elektrophor.

Speicherung

Hamilton'scher Weg

mathematisch

Ansatz

Durchführung

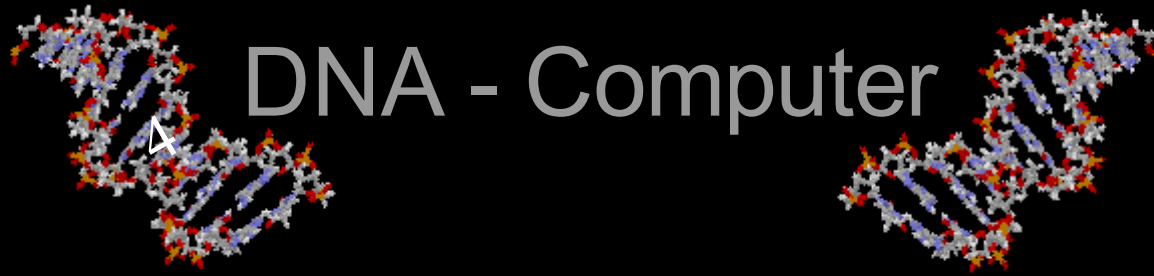
Lösung

DNA vs. Silizium

Zukunft

- EarthSimulator (Japan): 40 Tflops/sec
- 250.000 mal langsamer als 6g DNA





DNA - Computer

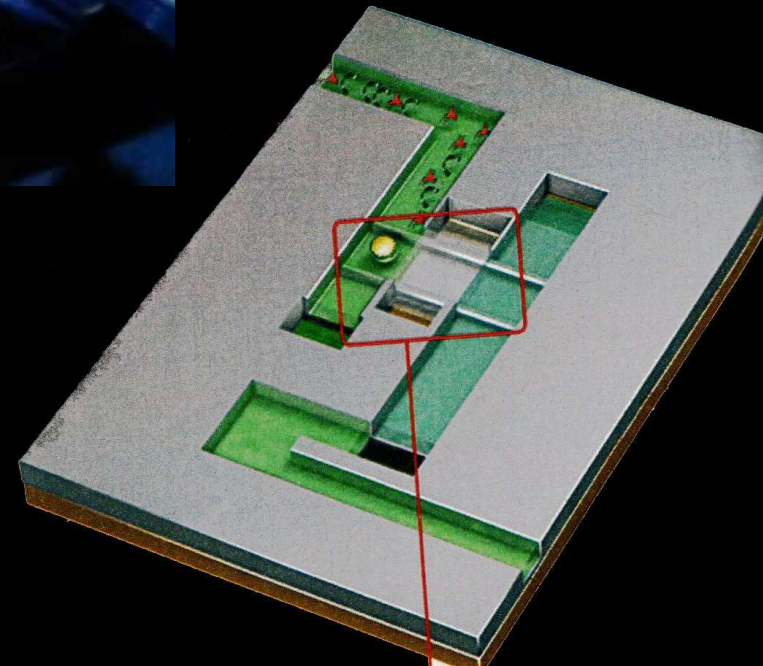
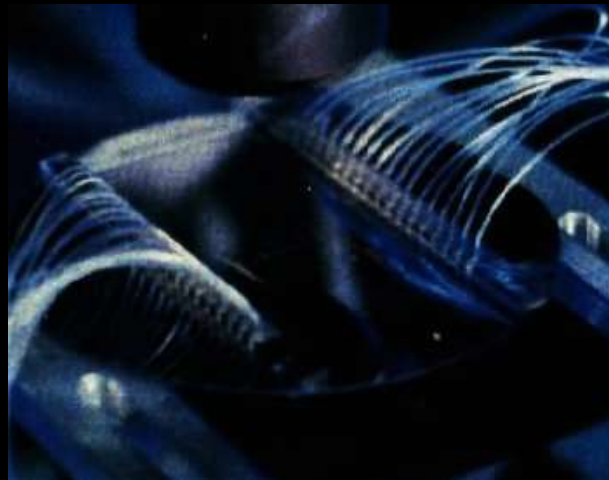
- Geschichte
- Grundlagen
 - DNA WH
 - nat. Vorgänge
 - Gel-Elektrophor.
- Speicherung
- Hamilton'scher Weg
 - mathematisch
 - Ansatz
 - Durchführung
 - Lösung
- DNA vs. Silizium
- Zukunft

- Moores Law nicht mehr einhaltbar
- universeller DNA-Rechner?

DNA - Computer

Geschichte
Grundlagen
DNA WH
nat. Vorgänge
Gel-Elektrophor.
Speicherung
Hamilton'scher Weg
mathematisch
Ansatz
Durchführung
Lösung
DNA vs. Silizium
Zukunft

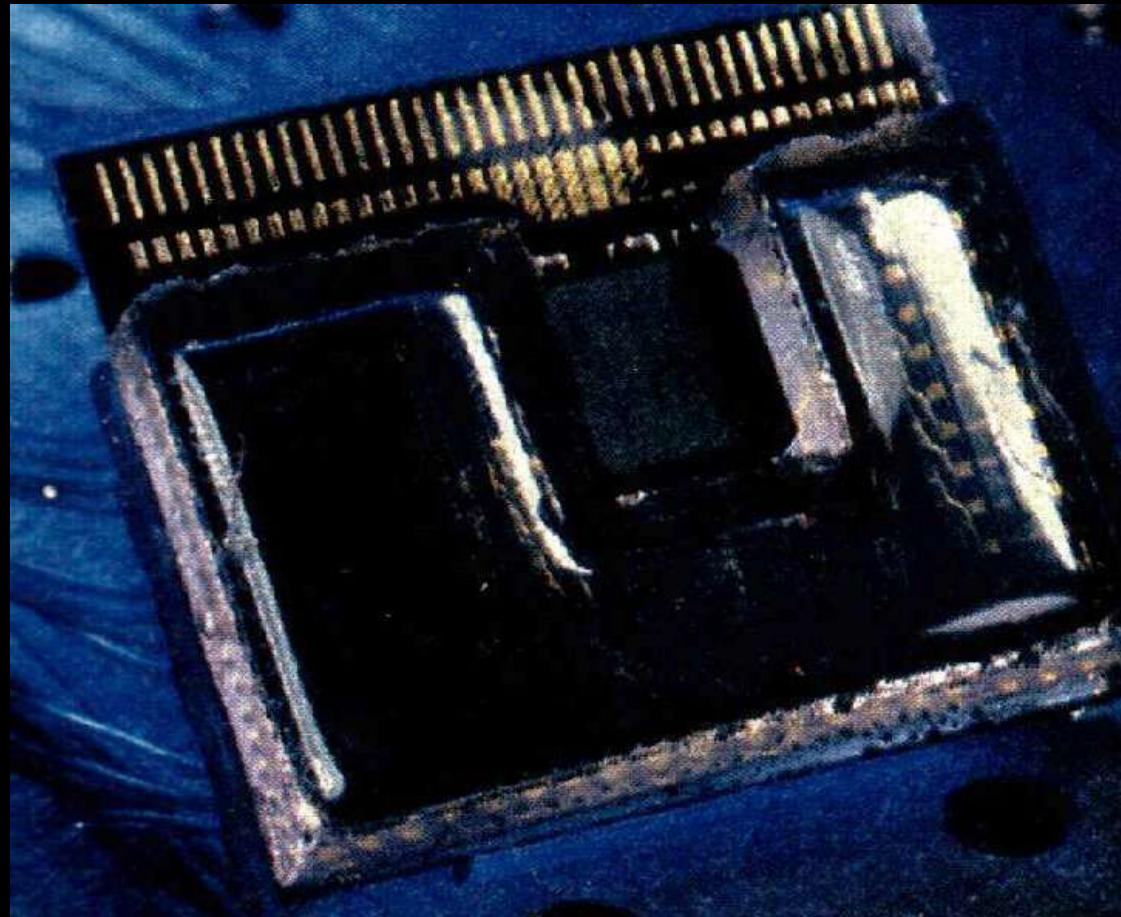
- Fraunhofer Institut: BIOMIP

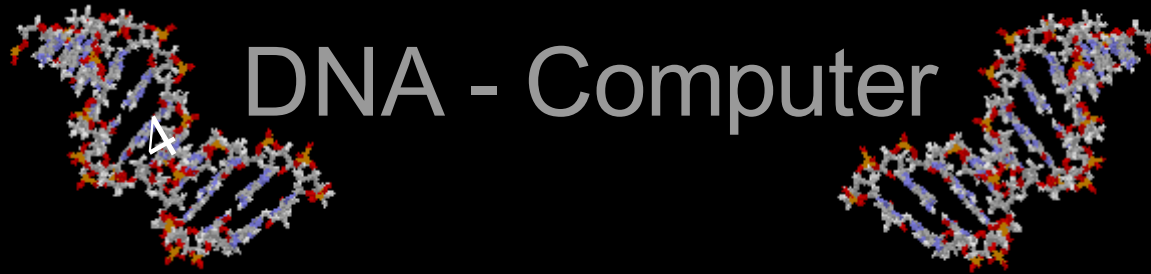


DNA - Computer

Geschichte
Grundlagen
DNA WH
nat. Vorgänge
Gel-Elektrophor.
Speicherung
Hamilton'scher Weg
mathematisch
Ansatz
Durchführung
Lösung
DNA vs. Silizium
Zukunft

- Forscher aus Sankt Augustin: Hybridchip





DNA - Computer

Quellen:

- Computerzeitschrift Chip 03/2003
- Matthias Hofmann - Universität Tübingen
- Ralf Zimmer im GMD-Spiegel 3/4-1999
- www.howstuffworks.com
- de.wikipedia.org