



# Kapitel 1

## Syntax versus Semantik

### Text und seine Bedeutung

Vorlesung *Logik für Informatiker* vom 27. Oktober 2006

#### Ziele und Inhalt

##### Was ist Syntax?

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

##### Was ist Semantik?

- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

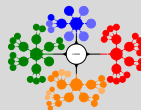
##### Grundlage der Syntax: Text

- Alphabete
- Worte
- Sprachen

##### Zusammenfassung

Till Tantau  
Institut für Theoretische Informatik  
Universität zu Lübeck

# Die Lernziele der heutigen Vorlesung und der Übungen.



## Ziele und Inhalt

- 1 Die Begriffe Syntax und Semantik erklären können
- 2 Syntaktische und semantische Elemente natürlicher Sprachen und von Programmiersprachen benennen können
- 3 Die Begriffe Alphabet und Wort kennen
- 4 Objekte als Worte kodieren können

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

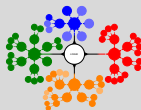
### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

### Zusammenfassung



## ① Was ist Syntax?

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

## ② Was ist Semantik?

- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

## ③ Grundlage der Syntax: Text

- Alphabete
- Worte
- Sprachen

### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

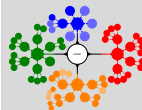
- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

#### Grundlage der Syntax: Text

- Alphabete
- Worte
- Sprachen

#### Zusammenfassung

# Die zwei Hauptbegriffe der heutigen Vorlesung.



## Grobe Definition (Syntax)

Unter einer **Syntax** verstehen wir **Regeln**, nach denen Texte **strukturiert** werden dürfen.

## Grobe Definition (Semantik)

Unter einer **Semantik** verstehen wir die Zuordnung von **Bedeutung** zu Text.

### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

- Alphabete
- Worte
- Sprachen

### Zusammenfassung

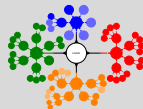
# Beobachtungen zu einem ägyptischen Text.



Copyright by Guillaume Blanchard, GNU Free Documentation License, Low Resolution

## Beobachtungen

- Wir haben keine Ahnung, was der Text bedeutet.
- Es gibt aber **Regeln**, die offenbar eingehalten wurden, wie »Hieroglyphen stehen in Zeilen«.
- Solche Regeln sind **syntaktische Regeln** – man kann sie überprüfen, ohne den Inhalt zu verstehen.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen

Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen

Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

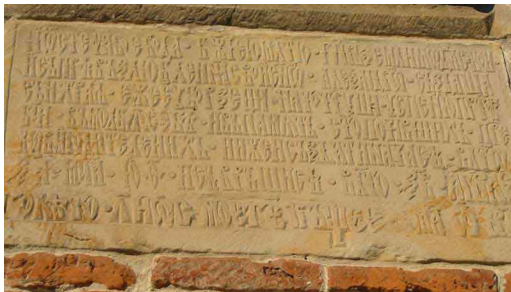
Alphabete

Worte

Sprachen

### Zusammenfassung

# Beobachtungen zu einem kyrillischen Text.



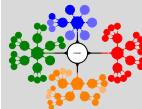
Copyright by Cristian Chirita, GNU Free Documentation License, Low Resolution

## Beobachtungen

- Wir haben keine Ahnung, was der Text bedeutet.
- Es gibt aber **Regeln**, die offenbar eingehalten wurden.
- Wir kennen mehr Regeln als bei den Hieroglyphen.

## Zur Diskussion

Welche syntaktischen Regeln fallen Ihnen ein, die bei dem Text eingehalten wurden?



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen

Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen

Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete

Worte

Sprachen

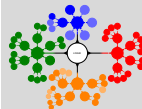
### Zusammenfassung

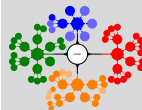
# Beobachtungen zu einem deutschen Text.

*Informatiker lieben Logiker.*

## Beobachtungen

- Auch hier werden viele syntaktische Regeln eingehalten.
- Es fällt uns aber **schwerer**, diese zu erkennen.
- Der Grund ist, dass wir **sofort über die Bedeutung nachdenken**.





- Die **Syntax** einer natürlichen Sprache ist die Menge an **Regeln**, nach denen Sätze gebildet werden dürfen.
- Die **Bedeutung** oder der **Sinn** der gebildeten Sätze ist dabei unerheblich.
- Jede Sprache hat ihre eigene Syntax; die Syntax verschiedener Sprachen ähneln sich aber oft.
- Es ist nicht immer klar, ob eine Regel noch zur Syntax gehört oder ob es schon um den Sinn geht.

**Beispiel:** Substantive werden groß geschrieben.

## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen

Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen

Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete

Worte

Sprachen

### Zusammenfassung

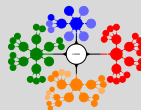


# Beobachtungen zu einem Programmtext.

```
\def\pgfpointadd#1#2{%  
  \pgf@process{#1}%  
  \pgf@xa=\pgf@x%  
  \pgf@ya=\pgf@y%  
  \pgf@process{#2}%  
  \advance\pgf@x by\pgf@xa%  
  \advance\pgf@y by\pgf@ya}
```

## Beobachtungen

- Der Programmtext sieht sehr kryptisch aus.
- Trotzdem gibt es offenbar wieder Regeln.
- So scheint einem Doppelkreuz eine Ziffer zu folgen und Zeilen muss man offenbar mit Prozentzeichen beenden.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen

Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen

Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete

Worte

Sprachen

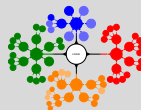
### Zusammenfassung

# Beobachtungen zu einem weiteren Programmtext.

```
for (int i = 0; i < 100; i++)  
    a[i] = a[i];
```

## Beobachtungen

- Wieder gibt es Regeln, die eingehalten werden.
- Wieder fällt es uns **schwerer**, diese zu erkennen, da wir **sofort über den Sinn nachdenken**.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen

Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen

Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete

Worte

Sprachen

## Zusammenfassung



- Die **Syntax** einer Programmiersprache ist die **Menge von Regeln**, nach der Programmtexte gebildet werden dürfen.
- Die **Bedeutung** oder der **Sinn** der Programmtexte ist dabei egal.
- Jede Programmiersprache hat ihre eigene Syntax; die Syntax verschiedener Sprachen ähneln sich aber oft.

## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen

Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen

Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

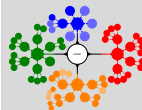
## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete

Worte

Sprachen

## Zusammenfassung



Welche der folgenden Regeln sind Syntax-Regeln?

- ① Bezeichner dürfen nicht mit einer Ziffer anfangen.
- ② Programme müssen in endlicher Zeit ein Ergebnis produzieren.
- ③ Öffnende und schließende geschweifte Klammern müssen »balanciert« sein.
- ④ Methoden von Null-Objekten dürfen nicht aufgerufen werden.
- ⑤ Variablen müssen vor ihrer ersten Benutzung deklariert werden.

### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen

Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen

Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete

Worte

Sprachen

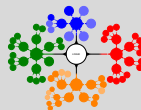
### Zusammenfassung

# Beobachtungen zu einer logischen Formel.

$$p \rightarrow q \wedge \neg q$$

## Beobachtungen

- Auch logische Formeln haben eine syntaktische Struktur.
- So wäre es **syntaktisch falsch**, statt einem Pfeil zwei Pfeile zu benutzen.
- Es wäre aber **syntaktisch richtig**, statt einem Negationszeichen zwei Negationszeichen zu verwenden.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

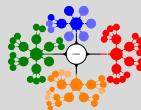
### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

### Zusammenfassung



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen

Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

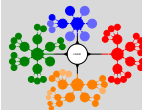
Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

### Zusammenfassung

- Die **Syntax** einer logischen Sprache ist die **Menge von Regeln**, nach der Formeln gebildet werden dürfen.
- Die **Bedeutung** oder der **Sinn** der Formeln ist dabei egal.
- Jede logische Sprache hat ihre eigene Syntax; die Syntax verschiedener Sprachen ähneln sich aber oft.



*Der Hörsaal ist groß.*

- Dieser Satz hat eine **Bedeutung**.
- Eine **Semantik** legt solche Bedeutungen fest.
- Syntaktisch falschen Sätzen wird im Allgemeinen keine Bedeutung zugewiesen.

## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

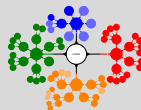
Alphabete  
Worte  
Sprachen

### Zusammenfassung

# Ein Satz, zwei Bedeutungen.

*Steter Tropfen höhlt den Stein.*

- Ein Satz kann **mehrere Bedeutungen haben**, welche durch **unterschiedliche Semantiken** gegeben sind.
- In der **wortwörtlichen Semantik** sagt der Satz aus, dass Steine ausgehöhlt werden, wenn man jahrelang Wasser auf sie tropft.
- In der **übertragenen Semantik** sagt der Satz aus, dass sich Beharrlichkeit auszahlt.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

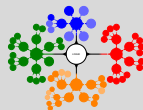
### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

### Zusammenfassung



# Die Semantik der Hieroglyphen



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

- Alphabete
- Worte
- Sprachen

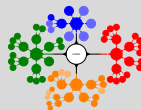
### Zusammenfassung



# Was bedeutet ein Programm?

```
for (int i = 0; i < 100; i++)  
    a[i] = a[i];
```

- Auch dieser Programmtext »bedeutet etwas«, wir »meinen etwas« mit diesem Text.
- Die **Semantik der Programmiersprache** legt fest, was mit dem Programmtext gemeint ist.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
**Semantik von  
Programmiersprachen**  
Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

### Zusammenfassung

# Ein Programm, zwei Bedeutungen.

```
for (int i = 0; i < 100; i++)  
    a[i] = a[i];
```

- Ein Programmtext kann **mehrere Bedeutungen haben**, welche durch **unterschiedliche Semantiken** gegeben sind.
- In der **operationalen Semantik** bedeutet der Programmtext, dass die ersten einhundert Elemente eines Arrays *a* nacheinander ihren eigenen Wert zugewiesen bekommen.
- In der **denotationellen Semantik** bedeutet der Programmtext, dass nichts passiert.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen

Semantik  
logischer Sprachen

## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

## Zusammenfassung



- Viele (aber nicht alle!) syntaktische Systeme bauen auf **Text** auf.
- Auch solche Systeme, die nicht auf Text aufbauen, lassen sich trotzdem durch Text beschreiben.
- Es ist deshalb nützlich, auf Text Methoden der Mathematik anwenden zu können.
- Im Folgenden wird deshalb die **mathematische Sicht** auf Text eingeführt, die **in der gesamten Theoretischen Informatik** genutzt wird.

## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

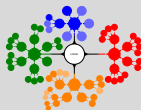
### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

## Zusammenfassung



## Definition (Alphabet)

Ein **Alphabet** ist eine nicht-leere, endliche Menge von **Symbolen** (auch **Buchstaben** genannt).

- Alphabete werden häufig mit griechischen Großbuchstaben bezeichnet, also  $\Gamma$  oder  $\Sigma$ . Manchmal auch mit lateinischen Großbuchstaben, also  $N$  oder  $T$ .
- Ein Symbol oder »Buchstabe« kann auch ein komplexes oder komisches »Ding« sein wie ein Pointer oder ein Leerzeichen.

## Beispiele

- Die Groß- und Kleinbuchstaben
- Die Menge  $\{0, 1\}$  (bei Informatikern beliebt)
- Die Menge  $\{A, C, G, T\}$  (bei Biologen beliebt)
- Die Zeichenmenge des UNICODE.

### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

#### Grundlage der Syntax: Text

##### Alphabete

Worte  
Sprachen

#### Zusammenfassung

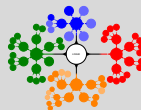
## Definition (Wort)

Ein **Wort** ist eine (endliche) Folge von Symbolen.

- »Worte« sind im Prinzip dasselbe wie Strings. Insbesondere können in Worten Leerzeichen als Symbole auftauchen.
- Die Menge aller Worte über einem Alphabet  $\Sigma$  hat einen besonderen Namen:  $\Sigma^*$ .
- Deshalb schreibt man oft: »Sei  $w \in \Sigma^*$ , ... «
- Es gibt auch ein **leeres Wort**, abgekürzt  $\epsilon$  oder  $\lambda$ , das dem String "" entspricht.

## Beispiele

- Hallo
- TATAAAATATTA
- $\epsilon$
- Hallo Welt.



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

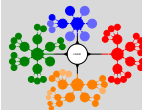
Alphabete

Worte

Sprachen

### Zusammenfassung

## 5-Minuten-Aufgabe



Die folgenden Aufgaben sind nach Schwierigkeit sortiert. Lösen Sie **eine** der Aufgaben.

- 1 Schreiben Sie alle Worte der Länge höchstens 2 über dem Alphabet  $\Sigma = \{0, 1, *\}$  auf.
- 2 Wie viele Worte der Länge  $n$  über dem Alphabet  $\Sigma = \{0, 1, *\}$  gibt es?
- 3 Wie viele Worte der Länge höchstens  $n$  über einem Alphabet mit  $q$  Buchstaben gibt es?

### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

#### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete

Worte

Sprachen

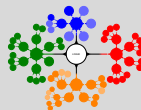
#### Zusammenfassung

- Natürlichen Sprachen sind komplexe Dinge, bestehend aus Wörtern, ihrer Aussprache, einer Grammatik, Ausnahmen, Dialekten, und vielem mehr.
- Bei **formalen Sprachen** vereinfacht man radikal.
- Formale Sprachen müssen weder sinnvoll noch interessant sein.

### Definition (Formale Sprache)

Eine **formale Sprache** ist eine (oft unendliche!) Menge von Worten für ein festes Alphabet.

- Statt »formale Sprache« sagt man einfach »Sprache«.
- Als Menge von Worten ist eine Sprache eine Teilmenge von  $\Sigma^*$ .
- Deshalb schreibt man oft: »Sei  $L \subseteq \Sigma^*$ , ... «



### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

#### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte

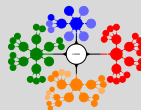
Sprachen

#### Zusammenfassung



### Beispiele

- Die Menge  $\{AAA, AAC, AAT\}$  (endliche Sprache).
- Die Menge aller Java-Programmtexte (unendliche Sprache).
- Die Menge aller Basensequenzen, die TATA enthalten (unendliche Sprache).



### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

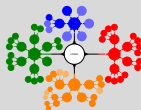
Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

#### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte

Sprachen

#### Zusammenfassung



- Ein Renderer produziert 3D-Bilder.
- Dazu erhält er eine **Szenerie** als Eingabe.
- Diese Szenerie ist als **Text**, also als ein **Wort** gegeben.
- Eine **Syntax** beschreibt die (formale) Sprache, die alle **syntaktisch korrekten Szenerien** enthält.
- Eine **Semantik** beschreibt, was diese Beschreibungen bedeuten.

## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte

Sprachen

## Zusammenfassung

```
global_settings_{_assumed_gamma_1.0_}

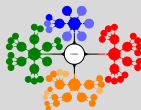
camera_{
  _location_<10.0,_10,_-10.0>
  _direction_1.5*z
  _right_ _x*_image_width/image_height
  _look_at_<0.0,_0.0,_0.0>
}

sky_sphere_{_pigment_{_color_rgb_<0.6,0.7,1.0>_}}

light_source_{
  _<0,_0,_0>_//_light's_position_(translated_below)
  _color_rgb_<1,_1,_1>_//_light's_color
  _translate_<-30,_30,_-30>
  _shadowless
}

#declare_i=_0;
#declare_Steps=_30;
#declare_Kugel=_sphere_<0,0,0>,_0.5_pigment_{color_rgb_<1,0,0>}};

#while(i<Steps)
  _object_{Kugel_translate_<3,0,0>_rotate_<0,i*_360/_Steps,_0>}
  _#declare_i=_i+_1;
#end
```



### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

#### Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

#### Zusammenfassung

# Formale Sprachen in der Medieninformatik

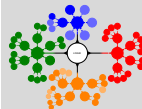
... und was es bedeutet.



Copyright Matthias Kabel, GNU Free Documentation License, Low Resolution

Syntax versus  
Semantik

Till Tantau



**Ziele und Inhalt**

**Was ist Syntax?**

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

**Was ist Semantik?**

- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

**Grundlage der  
Syntax: Text**

- Alphabete
- Worte
- Sprachen**

**Zusammenfassung**

# Formale Sprachen in der Medieninformatik

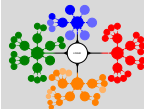
## Komplexeres Beispielbild, das ein Renderer produziert.



Copyright Giorgio Krenkel and Alex Sandri, GNU Free Documentation License, Low Resolution

Syntax versus  
Semantik

Till Tantau



### Ziele und Inhalt

#### Was ist Syntax?

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

#### Was ist Semantik?

- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

#### Grundlage der Syntax: Text

- Alphabete
- Worte
- Sprachen

#### Zusammenfassung



- In der Bioinformatik untersucht man unter anderem Proteine.
- Dazu erhält man **Molekülbeschreibungen** als Eingabe.
- Eine solche ist auch ein **Wort**.
- Eine **Syntax** beschreibt die (formale) Sprache, die alle **syntaktisch korrekten Molekülbeschreibungen** enthält.
- Eine **Semantik** beschreibt, was diese Beschreibungen bedeuten.

## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte

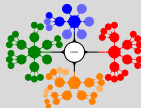
Sprachen

## Zusammenfassung

# Formale Sprachen in der Bioinformatik

## Das »Wort«, das ein Protein beschreibt...

```
HEADER      HYDROLASE                      25-JUL-03   1UJ1
TITLE       CRYSTAL STRUCTURE OF SARS CORONAVIRUS MAIN PROTEINASE
TITLE       2 (3CLPRO)
COMPND      MOL_ID: 1;
COMPND      2 MOLECULE: 3C-LIKE PROTEINASE;
COMPND      3 CHAIN: A, B;
COMPND      4 SYNONYM: MAIN PROTEINASE, 3CLPRO;
COMPND      5 EC: 3.4.24.-;
COMPND      6 ENGINEERED: YES
SOURCE      MOL_ID: 1;
SOURCE      2 ORGANISM_SCIENTIFIC: SARS CORONAVIRUS;
SOURCE      3 ORGANISM_COMMON: VIRUSES;
SOURCE      4 STRAIN: SARS;
...
REVDAT      1 18-NOV-03 1UJ1 0
JRNL        AUTH  H.YANG,M.YANG,Y.DING,Y.LIU,Z.LOU,Z.ZHOU,L.SUN,L.MO,
JRNL        AUTH  2 S.YE,H.PANG,G.F.GAO,K.ANAND,M.BARTLAM,R.HILGENFELD,
JRNL        AUTH  3 Z.RAO
JRNL        TITL  THE CRYSTAL STRUCTURES OF SEVERE ACUTE RESPIRATORY
JRNL        TITL  2 SYNDROME VIRUS MAIN PROTEASE AND ITS COMPLEX WITH
JRNL        TITL  3 AN INHIBITOR
JRNL        REF   PROC.NAT.ACAD.SCI.USA          V. 100 13190 2003
JRNL        REFN  ASTM PNAS6  US ISSN 0027-8424
...
ATOM        1  N   PHE  A   3       63.478 -27.806  23.971  1.00 44.82      N
ATOM        2  CA  PHE  A   3       64.607 -26.997  24.516  1.00 42.13      C
ATOM        3  C   PHE  A   3       64.674 -25.701  23.723  1.00 41.61      C
ATOM        4  O   PHE  A   3       65.331 -25.633  22.673  1.00 40.73      O
ATOM        5  CB  PHE  A   3       65.912 -27.763  24.358  1.00 44.33      C
ATOM        6  CG  PHE  A   3       67.065 -27.162  25.108  1.00 44.20      C
ATOM        7  CD1 PHE  A   3       67.083 -27.172  26.496  1.00 43.35      C
ATOM        8  CD2 PHE  A   3       68.135 -26.595  24.422  1.00 43.49      C
ATOM        9  CE1 PHE  A   3       68.140 -26.631  27.187  1.00 43.21      C
ATOM       10  CE2 PHE  A   3       69.210 -26.046  25.108  1.00 42.91      C
ATOM       11  CZ  PHE  A   3       69.216 -26.062  26.493  1.00 43.22      C
ATOM       12  N   ARG  A   4       64.007 -24.666  24.228  1.00 34.90      N
ATOM       13  CA  ARG  A   4       63.951 -23.376  23.543  1.00 37.71      C
...
```



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

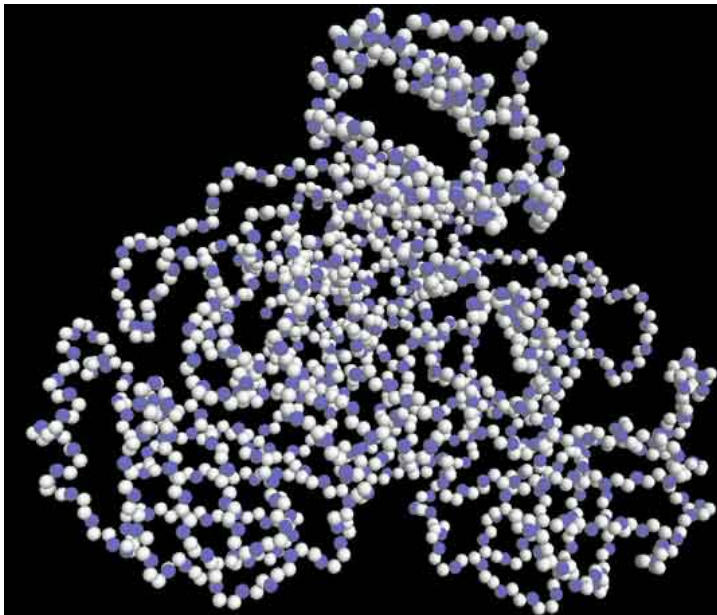
## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

## Zusammenfassung

# Formale Sprachen in der Bioinformatik

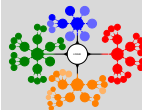
... und das Protein, das beschrieben wird.



Copyright Till Tantau, Low Resolution

Syntax versus  
Semantik

Till Tantau



## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

- Syntax natürlicher Sprachen
- Syntax von Programmiersprachen
- Syntax logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

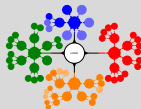
- Semantik natürlicher Sprachen
- Semantik von Programmiersprachen
- Semantik logischer Sprachen

### Grundlage der Syntax: Text

- Alphabete
- Worte
- Sprachen

### Zusammenfassung





- ① Ein **Wort** ist eine Folge von Symbolen aus einem **Alphabet**.
- ② Eine **Syntax** besteht aus Regeln, nach denen Worte (Texte) gebaut werden dürfen.
- ③ Eine **Semantik** legt fest, was Worte **bedeuten**.
- ④ Eine **formale Sprache** ist eine Menge von Worten über einem Alphabet.

## Ziele und Inhalt

### Was ist Syntax?

Syntax  
natürlicher Sprachen  
Syntax von  
Programmiersprachen  
Syntax  
logischer Sprachen

### Was ist Semantik?

Semantik  
natürlicher Sprachen  
Semantik von  
Programmiersprachen  
Semantik  
logischer Sprachen

## Grundlage der Syntax: Text

Alphabete  
Worte  
Sprachen

## Zusammenfassung