

Kapitel 1

Syntax versus Semantik

Text und seine Bedeutung

Vorlesung *Logik für Informatiker* vom 27. Oktober 2006

Till Tantau
Institut für Theoretische Informatik
Universität zu Lübeck

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

Die Lernziele der heutigen Vorlesung und der Übungen.



- 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

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 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

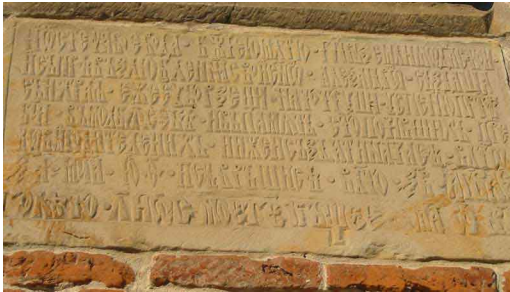
Alphabete

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

Zur Syntax von Programmiersprachen

- 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

5-Minuten-Aufgabe

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.



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.



Syntax
natürlicher Sprachen
Syntax von
Programmiersprachen

Syntax
logischer Sprachen

Semantik
natürlicher Sprachen
Semantik von
Programmiersprachen
Semantik
logischer Sprachen

Alphabete
Worte
Sprachen



- 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.

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 Satz?

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



Unknown Author, Public Domain, 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

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

Eine mathematische Sicht auf Text.

- 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 Γ oder Σ . 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 Σ hat einen besonderen Namen: Σ^* .
- Deshalb schreibt man oft: »Sei $w \in \Sigma^*$, ...«
- Es gibt auch ein **leeres Wort**, abgekürzt ϵ oder λ , das dem String "" entspricht.

Beispiele

- Hallo
- TATAAAATATTA
- ϵ
- 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 Σ^* .
- 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

Formale Sprachen in der Medieninformatik

Das »Wort«, das eine Szenerie beschreibt...

```
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 PNASA6 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

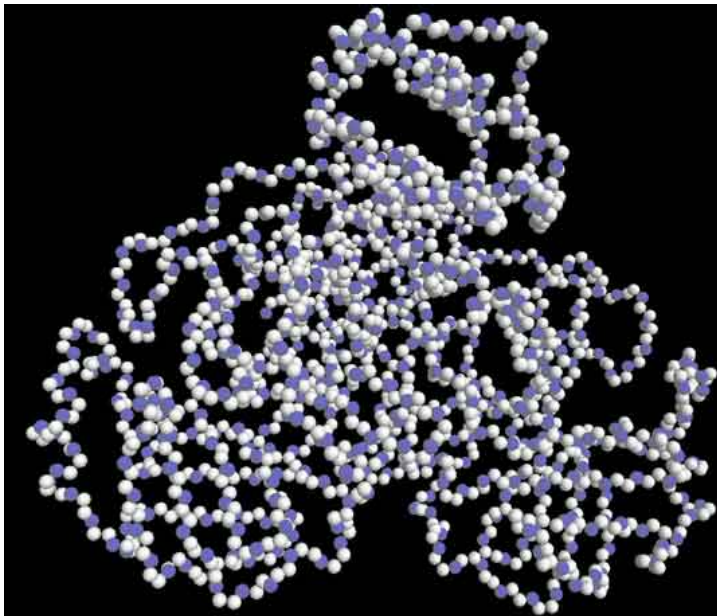
Worte

Sprachen

Zusammenfassung

Formale Sprachen in der Bioinformatik

... und das Protein, das beschrieben wird.



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