

## 12. LA- und PS-Hierarchien im Vergleich

### 12.1 Sprachklassen der LA- und PS-Grammatik

#### 12.1.1 Komplexitätsklassen der LA- und PS-Hierarchie

	<i>LA-Grammatik</i>	<i>PS-Grammatik</i>
<i>unentscheidbar</i>	—	rekursiv aufzählbare Sprachen
<i>rekursiv</i>	A-Sprachen	
<i>exponentiell</i>	B-Sprachen	kontextsensitive Sprachen
<i>exponentiell</i>	C3-Sprachen	
<i>polynomial</i>	C2-Sprachen	kontextfreie Sprachen
<i>linear</i>	C1-Sprachen	reguläre Sprachen

## 12.2 Inklusionsverhältnisse in den beiden Hierarchien

### 12.2.1 Inklusionsverhältnisse der PS-Sprachklassen

reguläre Spr.  $\subset$  kontextfreie Spr.  $\subset$  kontextsensitive Spr.  $\subset$  rekursiv aufzählbare Sprachen

### 12.2.2 Inklusionsverhältnisse der LA-Sprachklassen

C1-Sprachen  $\subseteq$  C2-Sprachen  $\subseteq$  C3-Sprachen  $\subseteq$  B-Sprachen  $\subset$  A-Sprachen

## 12.3 Nichtäquivalenz der LA- und der PS-Hierarchie

### 12.3.1 Sprachen, die in der PS-Grammatik in der gleichen, aber in der LA-Grammatik in verschiedenen Klassen liegen

$a^k b^k$  und  $WW^R$  liegen in der PS-Grammatik in derselben Klasse (nämlich kontextfrei), aber in verschiedenen Klassen in der LA-Grammatik:  $a^k b^k$  ist eine C1-LAG, die ein linearer Zeit parst, während  $WW^R$  eine C2-LAG ist und in  $n^2$  parst.

### 12.3.2 Sprachen, die in der PS-Grammatik in verschiedenen, aber in der LA-Grammatik in der gleichen Klasse liegen

$a^k b^k$  und  $a^k b^k c^k$  liegen in der LA-Grammatik in der gleichen Klasse (nämlich C1-LAGs), aber in verschiedenen Klassen in der PS-Grammatik:  $a^k b^k$  ist kontextfrei, während  $a^k b^k c^k$  kontextsensitiv ist.

### 12.3.3 Inhärente Komplexität

Die inhärente Komplexität einer Sprache basiert auf der Anzahl der Operationen, die im *worst case* auf einer abstrakten Maschine (z.B. einer Turing- oder Register-Maschine) benötigt werden. Diese Form der Analyse findet auf einer sehr niedrigen Ebene statt, die Maschinen- oder Assembler-Code entspricht.

### 12.3.4 Klassenbestimmte Komplexität

Die Komplexität künstlicher und natürlicher Sprachen wird normalerweise auf der Abstraktionsebene des Grammatikformalismus analysiert, wobei die Komplexität für den Grammatiktyp und die zugehörige Sprachklasse als ganzes bestimmt wird.

### 12.3.5 Unterschied zwischen den beiden Komplexitätstypen

Sprachen mit einer inhärent hohen Komplexität (z.B. 3SAT und SUBSET SUM) sind notwendigerweise in einer hohen Komplexitätsklasse (hier exponentiell) in jedem möglichen Grammatikformalismus.

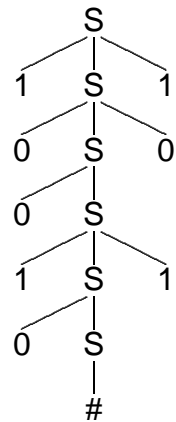
Sprachen mit einer inhärent niedrigen Komplexität (z.B.  $a^k b^k c^k$ ) kann eine hohe oder eine niedrige Komplexität zugewiesen werden, abhängig vom gewählten Grammatikformalismus.

### 12.3.6 PS-Grammatik für $L_{no}$

$$\begin{array}{lll}
 S \rightarrow 1S1 & S \rightarrow 1S & S \rightarrow \# \\
 S \rightarrow 0S0 & S \rightarrow 0S &
 \end{array}$$

### 12.3.7 PS-grammatische Ableitung von 10010#101 in $L_{no}$

derivation tree:



generated chains:

1S1  
 10S01  
 100S01  
 1001S101  
 10010S101  
 10010#101

states:

1.S1 1S1.  
 1.S  
 0.S0 0S0.  
 0.S  
 0.S0  
 0.S 0S.  
 1.S1 1S1.  
 1.S  
 0.S0  
 0.S 0S.  
 #.

### 12.3.8 C3-LAG für $L_{no}$

$LX =_{def} \{[0 (0)], [1 (1)], [# (\#)]\}$

$ST_S =_{def} \{[(seg_c) \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}]\}$ , where  $seg_c, seg_d \in \{0, 1\}$ .

$r_1: (seg_c)(seg_d) \Rightarrow \varepsilon \quad \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$

$r_2: (seg_c)(seg_d) \Rightarrow (seg_d) \quad \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$

$r_3: (X)(seg_c) \Rightarrow (X) \quad \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$

$r_4: (X)(seg_c) \Rightarrow (seg_c X) \quad \{r_1, r_2, r_3, r_4, r_5\}$

$r_5: (X)(\#) \Rightarrow (X) \quad \{r_6\}$

$r_6: (seg_c X)(seg_c) \Rightarrow (X) \quad \{r_6\}$

$ST_F =_{def} \{[\varepsilon rp_6]\}$

## 12.4 Vergleich der unteren LA- und PS-Sprachklassen

Die kontextfreie PS-Grammatik hat weite Verwendung gefunden, weil sie innerhalb der PS-Hierarchie die größte generative Kapazität hat, die gerade noch praktisch geparkt werden kann.

### 12.4.1 Wie geeignet ist die kontextfreie Grammatik für die Beschreibung der natürlichen und der Programmiersprachen?

In der Linguistik besteht allgemeine Übereinstimmung, daß die kontextfreie PS-Grammatik nicht auf die Strukturen paßt, die für die natürlichen Sprachen charakteristisch sind. Entsprechendes gilt für die Informatik:

It is no secret that context-free grammars are only a first order approximation to the various mechanisms used for specifying the syntax of modern programming languages.

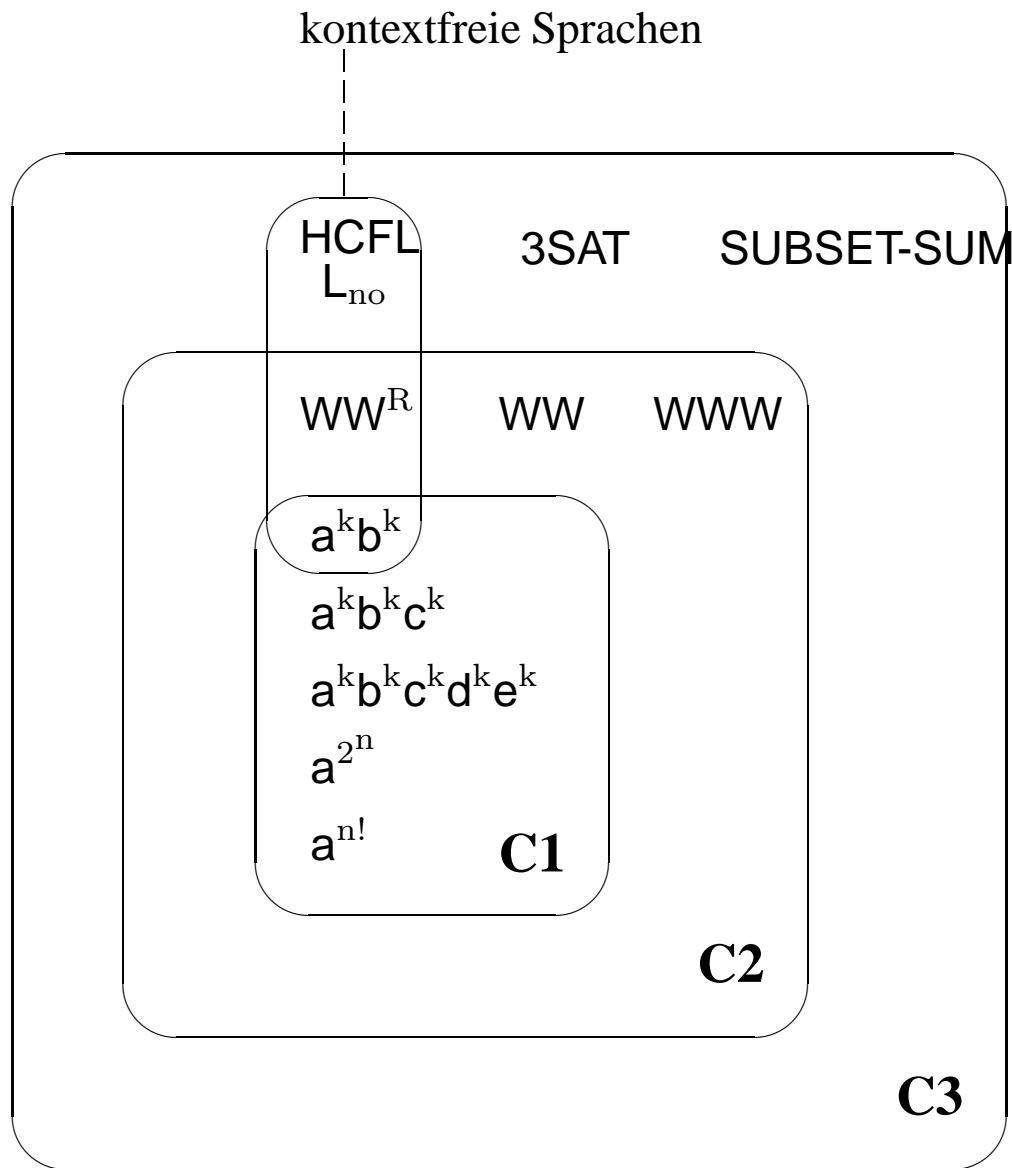
[Es ist kein Geheimnis, daß die kontextfreien Sprachen nur eine allererste Annäherung an die verschiedenen Mechanismen sind, die zur Spezifikation der Syntax moderner Programmiersprachen verwendet werden.]

Ginsberg 1980, S.7

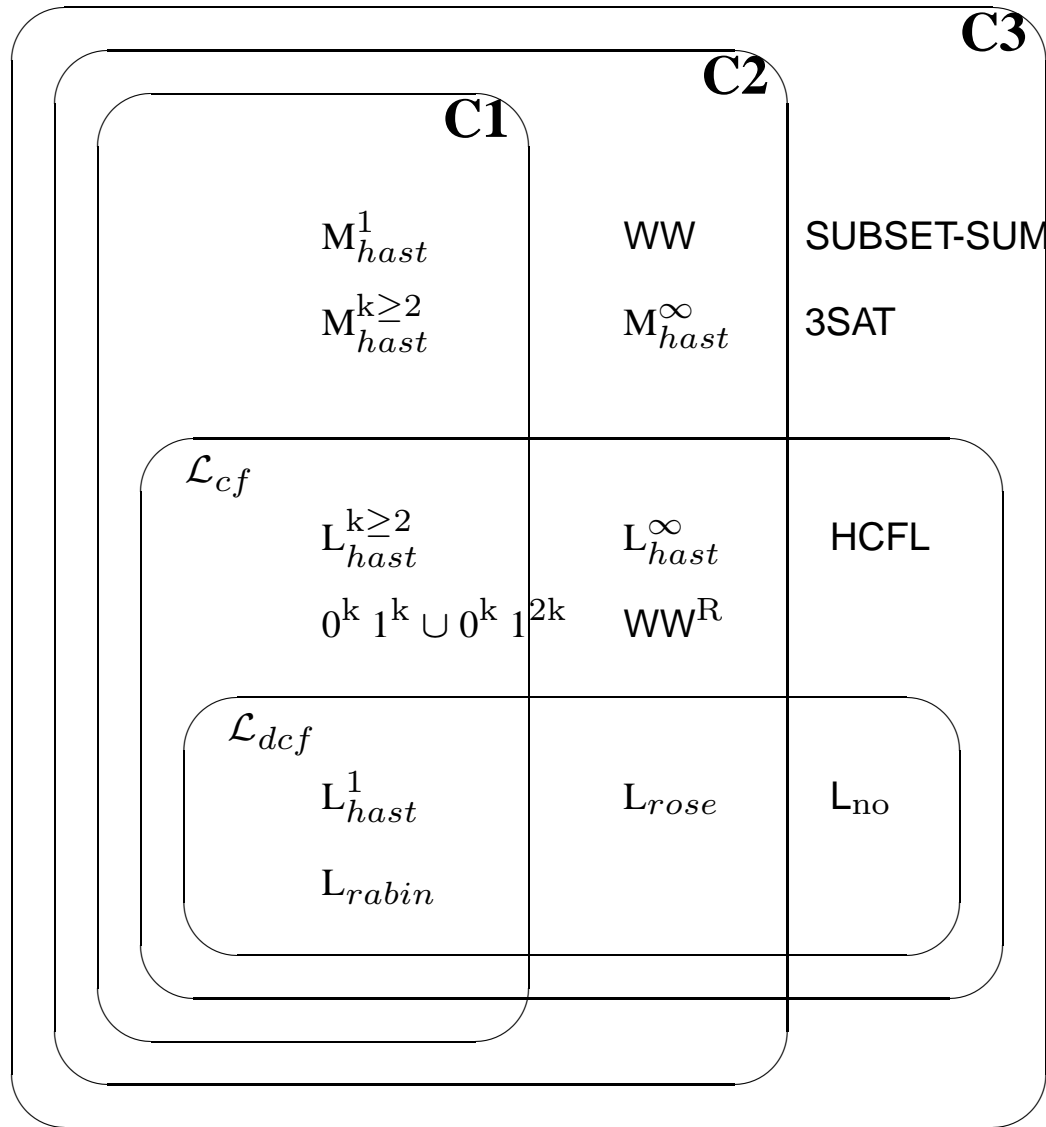
### 12.4.2 Konservative Erweiterungen der PS-grammatischen Hierarchie

reguläre Spr.  $\subset$  kontextfreie Spr.  $\subset$  TAL  $\subset$  Indexspr.  $\subset$  kontextsensitive Spr.  $\subset$  rek. aufzählbare Spr.

### 12.4.3 Orthogonales Verhältnis der C- und CF-Sprachen



**12.4.4 Orthogonale Klassifikationen  $\mathcal{L}_{dcf}$ ,  $\mathcal{L}_{cf}$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  und  $C_3$**



## 12.5 Die lineare Komplexität der natürlichen Sprachen

### 12.5.1 Warum die natürlichen Sprachen wahrscheinlich C-Sprachen sind

In einer kontextsensitiven Sprache, die keine C-Sprache ist, müßte das Wachstum der Kategorienlänge gerade noch in die LBA-Definition der kontextsensitiven Sprachen hineinpassen, aber die musterbasierten kategorialen Operationen der C-LAGs überfordern.

Daß gerade diese Struktur für die natürlichen Sprachen charakteristisch sein soll, ist unwahrscheinlich.

### 12.5.2 Wenn die natürlichen Sprachen C-LAGs sind,

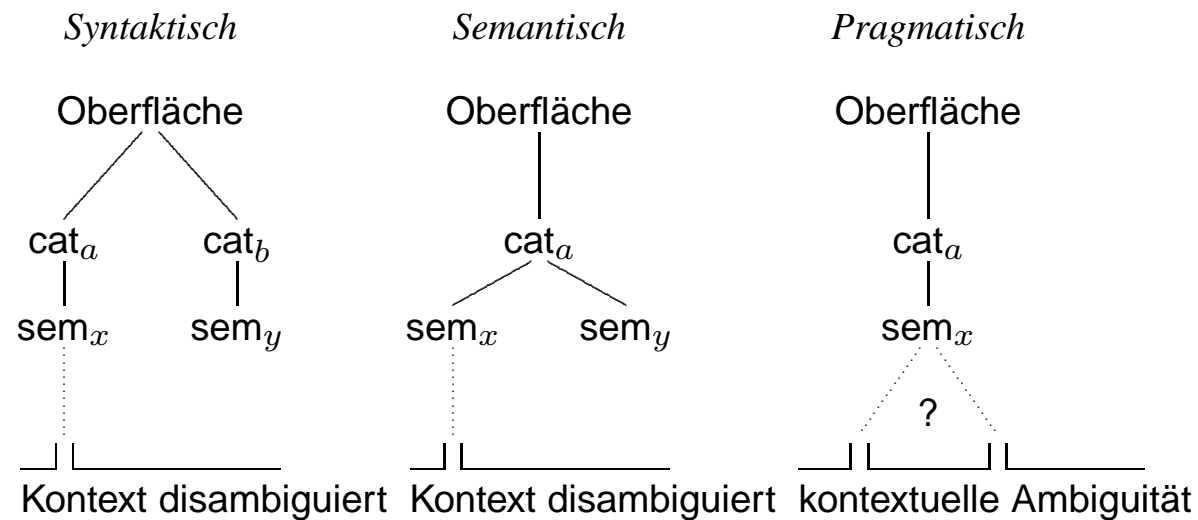
dann sind die folgenden Fragen äquivalent:

(i) *Wie komplex sind die natürlichen Sprachen?*

(ii) *Wie ambig sind die natürlichen Sprachen?*

Dies gilt weil die Unterklassen der C-LAGs sich unterscheiden sich nur in ihren Ambiguitätsgraden unterscheiden.

### 12.5.3 SLIM-theoretische Analyse von Ambiguität



### 12.5.4 Mehrfachinterpretation bei Präpositionalphrasen

Susanne sah den Mann mit dem Fernrohr.

Julia aß den Apfel auf dem Tisch hinter dem Baum in dem Garten.





