

# Grundkurs Syntax – Probleme mit einfachen Phrasenstrukturgrammatiken, Einführung von Merkmal-Wert-Strukturen

Jan Strunk  
19.04.2007



# Organisatorisches

- ◆ Das Buch von Sag, Wasow und Bender (2. Auflage) gibt es zur Zeit sehr billig bei [www.bol.de](http://www.bol.de).  
<http://www.bol.de/shop/home/typhoonartikel/ID6741621.html>
- ◆ Allerdings wird die Lieferzeit mit bis zu 6 Wochen angegeben.
- ◆ Daher werde ich jeweils drei Kopien der aufgegebenen Lektüre im Studienbüro als Kopiervorlage bereitstellen.



# Kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik

## ◆ Beispielgrammatik für das Deutsche:

$S \rightarrow NP VP$

$VP \rightarrow VP PP$

$VP \rightarrow V$

$VP \rightarrow V NP$

$VP \rightarrow V NP NP$

$NP \rightarrow D N$

$NP \rightarrow D AP N$

$AP \rightarrow A$

$PP \rightarrow P NP$

$XP \rightarrow XP \text{ und } \bar{X}P$

$V \rightarrow$  schläft, schlafen, gibt, geben,  
sieht

$P \rightarrow$  hinter, vor, in, auf

$D \rightarrow$  der, den, dem, ein, eine,  
einen, die, diese

$N \rightarrow$  Junge, Jungen, Hund, Kinder,  
Keks, Baum, Mädchen, Blume

$A \rightarrow$  kleines, kleine, kleinen, kleiner



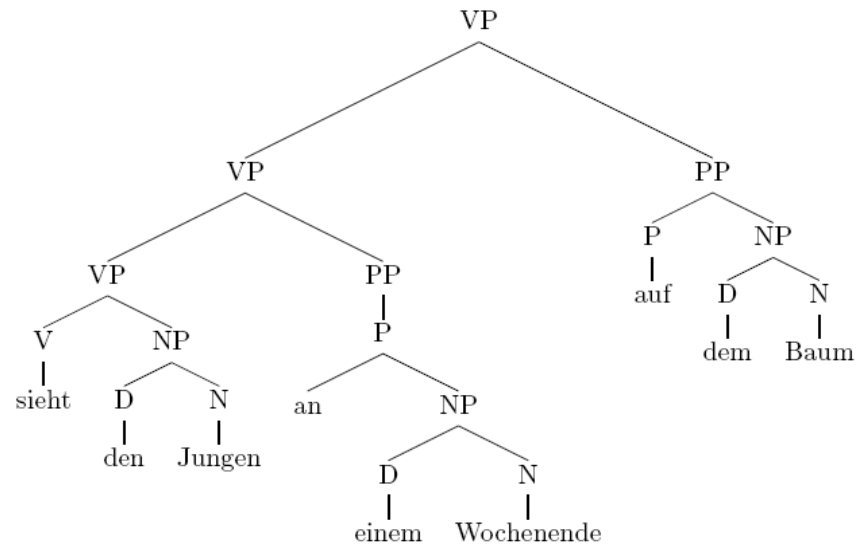
# Besprechung der Hausaufgaben

- ◆ Warum haben die beiden folgenden Regeln in den Beispielgrammatiken eine unterschiedliche Form?
  - $VP \rightarrow VP PP$  (PP ist Schwester von VP)
  - $VP \rightarrow V NP$  (NP ist Schwester von V)
- ◆ Was ist der Unterschied zwischen den folgenden beiden Regeln?
  - $VP \rightarrow VP PP$
  - $VP \rightarrow V PP$
  - Die erste Regel ist *rekursiv* (VP steht auf beiden Seiten) und kann daher wiederholt angewendet werden
  - Die erste Regel modelliert eine Beziehung zwischen einer VP und einer PP; die zweite Regel modelliert eine lokale Beziehung zwischen V und PP (keine NP kann zwischen V und PP stehen)



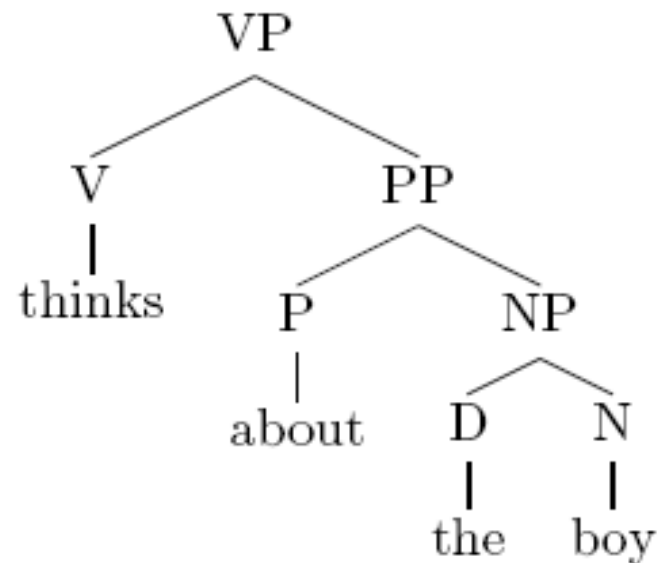
# Besprechung der Hausaufgaben

- ◆ PP kann beliebig oft hinzugefügt werden (Rekursion)
- ◆ Eine NP-Komplement (das direkte Objekt) kann zwischen dem Verb und der PP stehen
- ◆ PP ist nicht obligatorisch
- ◆ PP ist ein Adjunkt (ein Modifikator)
- ◆ VP → VP PP hat die typische Form einer Adjunktregel
  - Rekursion
  - Beziehung zwischen Phrasen

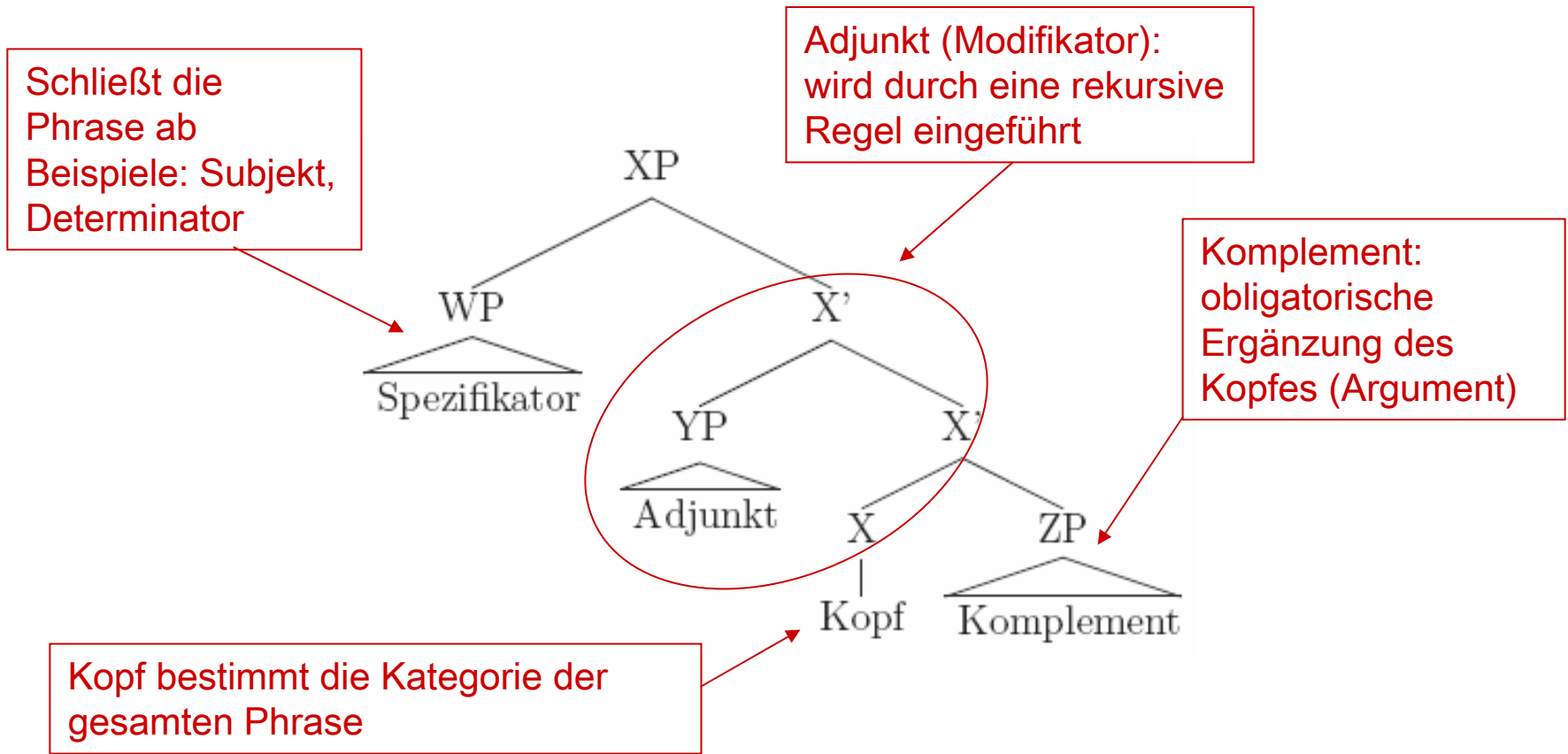


# Besprechung der Hausaufgaben

- ◆ Eine Regel wie  $VP \rightarrow V PP$  ist auch möglich
- ◆ Mittels dieser Regel kann nur eine PP eingeführt werden (keine Rekursion)
- ◆ Lokale Beziehung zwischen V und PP
  - Nichts kann zwischen dem Verb und der PP stehen  
*\*thinks on the tree about the boy*
  - Verb selektiert (verlangt) die PP als Komplement (Argument)
- ◆ Typische Form einer Komplement-Regel
  - Nichtrekursiv
  - Beziehung zwischen einem Wort und einer Phrase



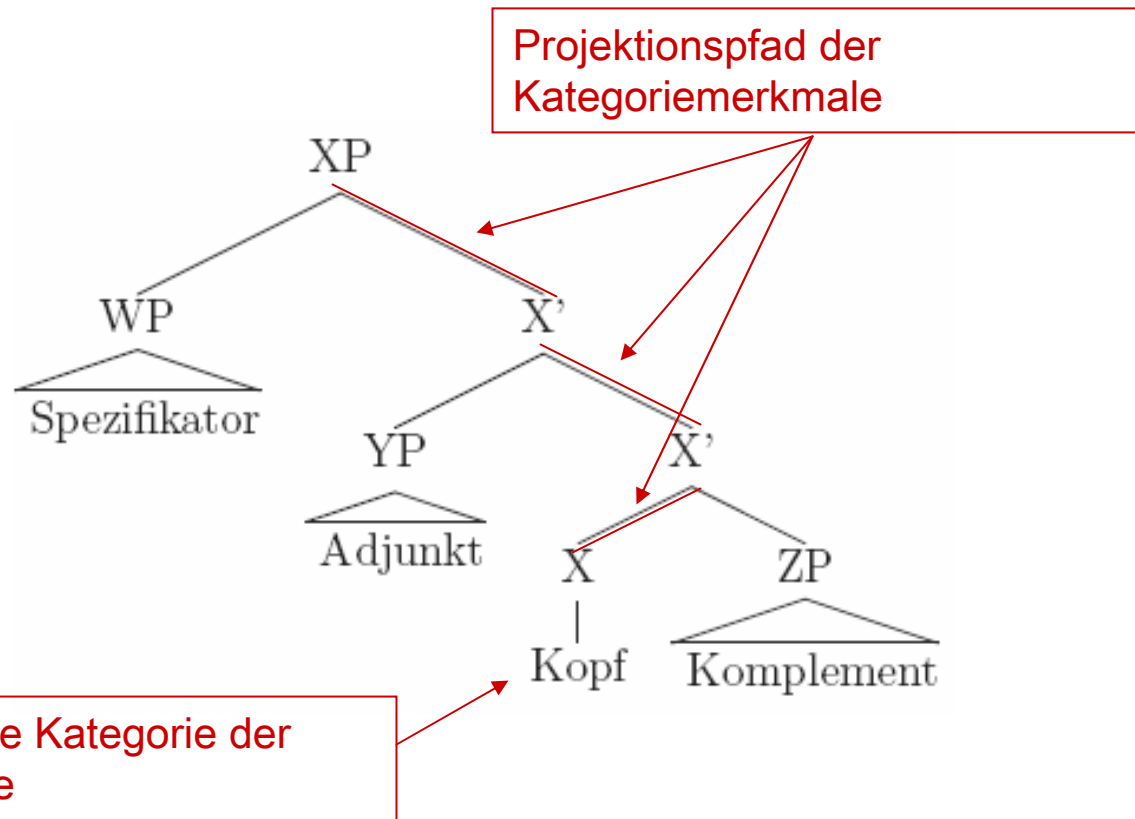
# X-Bar-Schema (endozentrische Phrasen)



Chomsky (1970), Jackendoff (1977)



# X-Bar-Schema – Projektionspfad des Kopfes



Chomsky (1970), Jackendoff (1977)



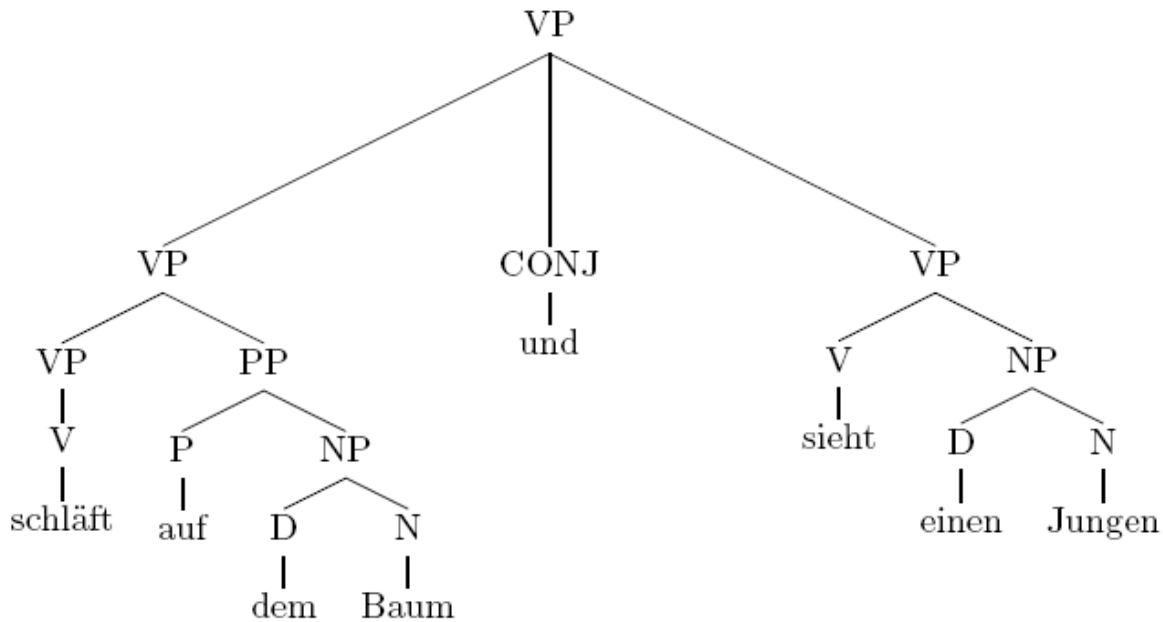
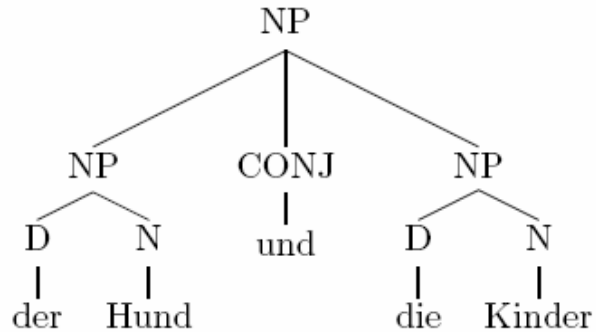
# Die Koordinationsregel

- ◆  $XP \rightarrow XP$  und  $XP$  oder auch  $XP \rightarrow XP \text{ CONJ } XP$   
CONJ  $\rightarrow$  und  
CONJ  $\rightarrow$  oder
- ◆ Die Symbole XP, YP und ZP werden meist gebraucht als Variablen für beliebige Phrasen (ähnlich wie in der Mathematik x, y, z)
- ◆ Die Koordinationsregel *lizensiert* (erlaubt) daher Koordinationsstrukturen mit beliebigen Kategorien, solange alle Konjunkte von der selben Kategorie sind.



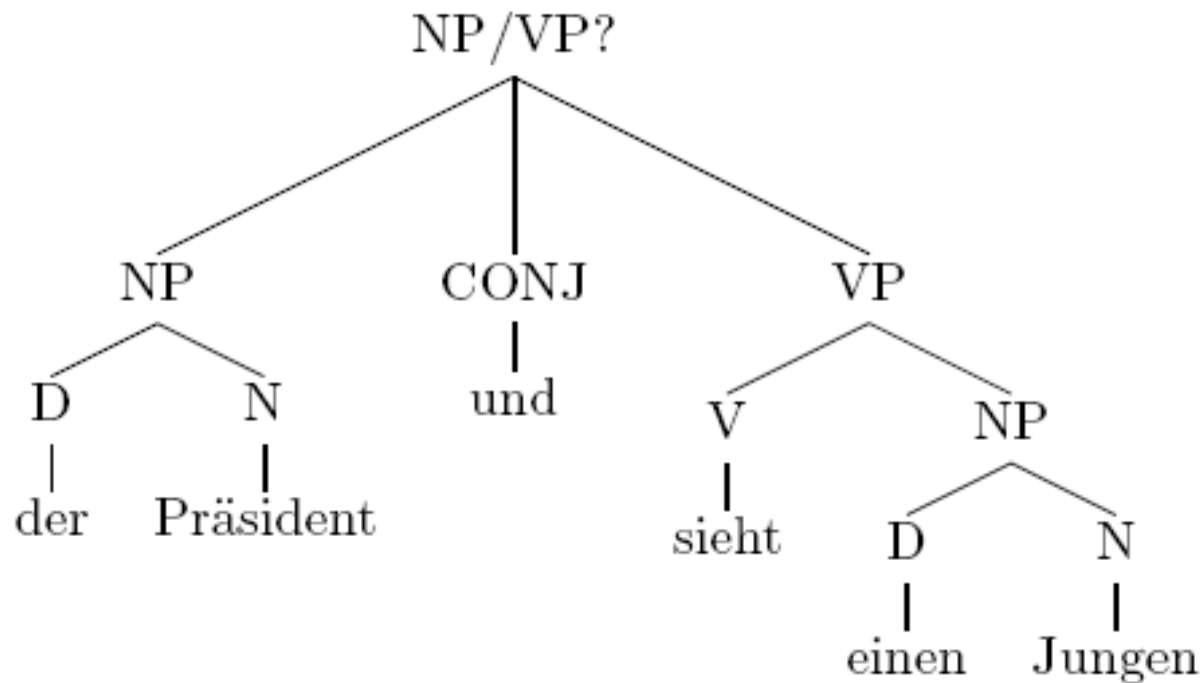
# Die Koordinationsregel

Mögliche  
Koordinations-  
strukturen:



# Koordinationsregel

- ◆ Ungrammatische Koordinationsstruktur



# Erweiterte Regeln mit regulären Ausdrücken

- ◆ Sag, Wasow und Bender erweitern die rechte Seite von Phrasenstrukturregeln durch reguläre Ausdrücke
  - Optionalität ( )  
 $NP \rightarrow D (AP) N$
  - Beliebig oft (auch nullmal): \* (Kleene-Stern)  
 $NP \rightarrow D AP^* N$
  - Einmal oder öfter: + (Kleene-Plus)  
 $XP \rightarrow XP^+ CONJ XP$
  - Entweder-oder (Disjunktion): |  
 $CONJ \rightarrow \text{und} \mid \text{oder}$



# Kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik

## ◆ Beispielgrammatik für das Deutsche:

$S \rightarrow NP VP$

$VP \rightarrow VP PP$

$VP \rightarrow V$

$VP \rightarrow V NP$

$VP \rightarrow V NP NP$

$NP \rightarrow D N$

$NP \rightarrow D AP N$

$AP \rightarrow A$

$PP \rightarrow P NP$

$XP \rightarrow XP \text{ und } \bar{X}P$

$V \rightarrow$  schläft, schlafen, gibt, geben,  
sieht

$P \rightarrow$  hinter, vor, in, auf

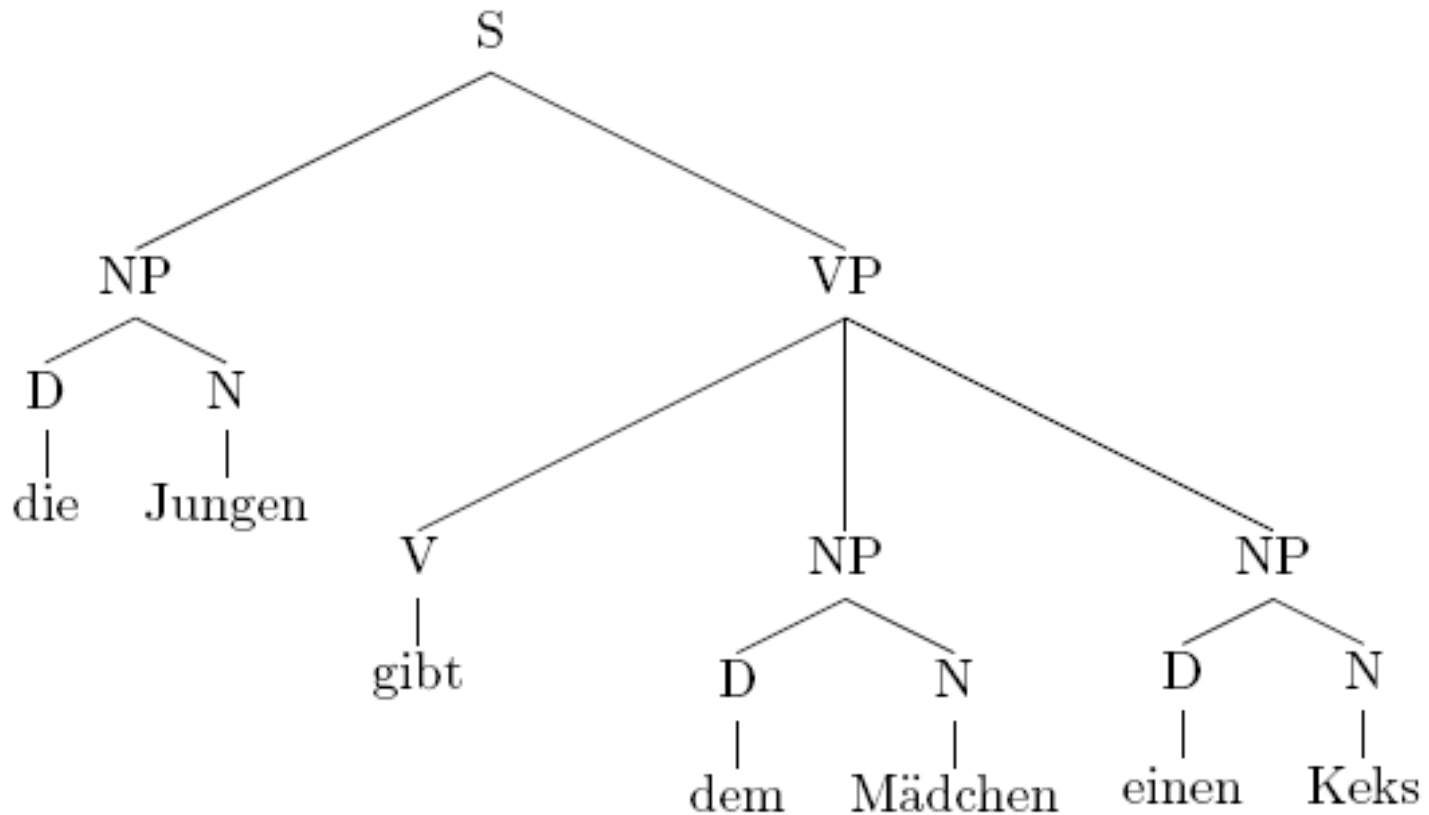
$D \rightarrow$  der, den, dem, ein, eine,  
einen, die, diese

$N \rightarrow$  Junge, Jungen, Hund, Kinder,  
Keks, Baum, Mädchen, Blume

$A \rightarrow$  kleines, kleine, kleinen, kleiner



# Kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik: Ungrammatisches Beispiel I



# Kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik: Ungrammatisches Beispiel I

## ◆ Problem: Kongruenz

- Subjekt-NP und Verb müssen in Numerus und Person übereinstimmen (Subjekt-Verb-Kongruenz)

## ◆ Mögliche Lösung:

- Ersetzen der Kategorien N, NP, V, VP und D durch feinere Kategorien

- $N_{1sg}$ ,  $N_{2sg}$ ,  $N_{3sg}$ ,  $N_{1pl}$ ,  $N_{2pl}$ ,  $N_{3pl}$
- $V_{1sg}$ ,  $V_{2sg}$ ,  $V_{3sg}$ ,  $V_{1pl}$ ,  $V_{2pl}$ ,  $V_{3pl}$
- ...

- Ersetzen der bisherigen Regeln:

- $S \rightarrow NP_{3sg} VP_{3sg}$                        $S \rightarrow NP_{3pl} VP_{3pl}$                       ...
- $NP_{3sg} \rightarrow D_{3sg} N_{3sg}$                        $NP_{3pl} \rightarrow D_{3pl} N_{3pl}$                       ...
- $VP_{3sg} \rightarrow V_{3sg} NP_{3sg} NP_{3sg}$                        $VP_{3pl} \rightarrow V_{3pl} NP_{3sg} NP_{3sg}$                       ...

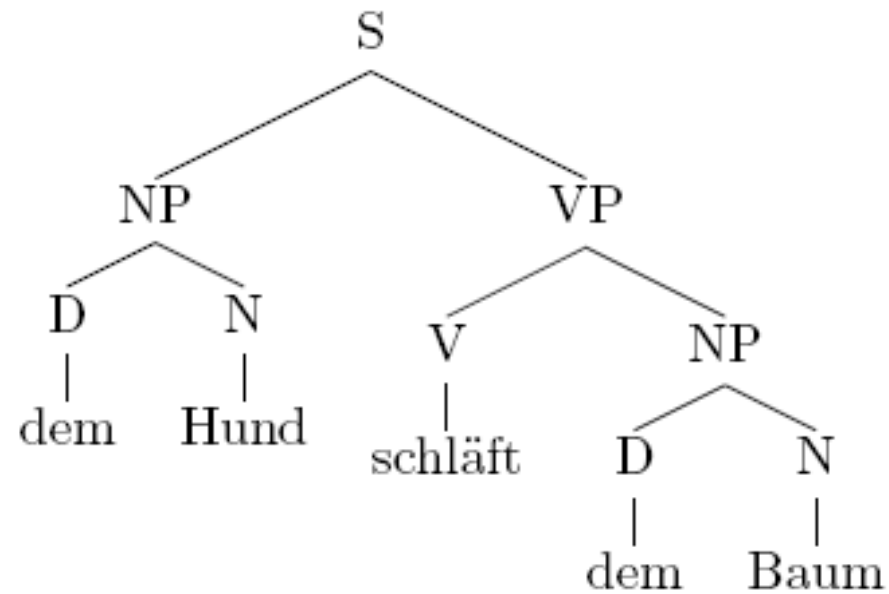


# Kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik: Ungrammatisches Beispiel I

- ◆ Zusätzliche Kongruenzbeziehungen im Deutschen
  - Adjektiv  $\leftrightarrow$  Nomen
  - Determinator (Artikel)  $\leftrightarrow$  Nomen
- ◆ In einer komplexen Grammatik müssen sehr, sehr viele Regeln geändert werden.
- ◆ Auch solche, für die Numerus und Person der NP keine Rolle spielen, z.B. die PP-Regel
  - $PP \rightarrow P NP_{3sg}$      $PP \rightarrow P NP_{3pl}$      $PP \rightarrow P NP_{1sg}$     ...
- ◆ Fehlende Abstraktion/Verallgemeinerung
  - Kategorien in einer kontextfreien Phrasenstrukturgrammatik sind atomar.
  - Eine Regel kann sich nicht auf alle verschiedenen NPen auf einmal beziehen.
  - Frage: Welches Problem ergibt sich dadurch für die Koordinationsregel?



# Kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik: Ungrammatisches Beispiel II



# Kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik: Ungrammatisches Beispiel II

- ◆ Problem: Subkategorisierung
  - Das Verb legt fest, mit welchen Argumenten es auftreten kann (Valenz) und welchen Kasus diese dann haben (Rektion)
    - *schlafen* ist intransitiv und kann daher nicht mit einem Objekt auftreten
    - Das Subjekt muss im Nominativ stehen (nicht im Dativ)
    - Bei einem Verb wie *sehen* steht das Objekt im Akkusativ: *ich sehe ihn.*
    - Bei einem Verb wie *glauben* steht das Objekt im Dativ: *ich glaube ihm.*
  
- ◆ Mögliche Lösung:
  - Einführung noch feinerer Kategorien:
    - $V_{3\text{sgNPakk}}, V_{3\text{plINPakkNPdat}}, V_{1\text{sgPP}}, \dots$
  
- ◆ Problem:
  - Explosionsartige Vermehrung der Kategorien
  - Fehlende Abstraktion: z.B. gilt die Verb-Zweit-Stellung im Deutschen für alle Verben (unabhängig von ihrer Valenz)



# Fazit

- ◆ Die kontextfreie Phrasenstrukturgrammatik ist kein (beschreibungs-)adäquater Formalismus zur Modellierung der Syntax menschlicher Sprachen
  - Feinere Kategorieunterteilungen führen zu einer großen Zahl von atomaren Symbolen und zu redundanten Regeln
  - Allgemeine Regeln, die z.B. für alle NPen oder alle Verben gelten, können nicht mehr als einfache Regel ausgedrückt werden (Generalisierungen können nicht erfasst werden)
- ◆ Wir brauchen einen anderen Formalismus oder eine Erweiterung/Modifikation des bisherigen Formalismus



# Sag, Wasow und Bender dazu

- ◆ “An adequate theory of grammar needs to be able to categorize words into classes defined in terms of cross-cutting properties.” (S. 50)
- ◆ “[...] grammatical categories are not atomic, but rather are COMPLEXES of grammatical properties.” (S. 50)
- ◆ Beispiel: Grammatische Eigenschaften von (eine Form kann mehrere verschiedene Bündel von grammatischen Eigenschaften besitzen)

▪ <i>Müsli:</i>	{N, 3, sg, nom}	oder	{N, 3, pl, akk}	...
▪ <i>Elefanten:</i>	{N, 3, pl}	oder	{N, 3, sg, akk}	...
▪ <i>Geht:</i>	{V, 3, sg, präs}	oder	{V, 2, imp, pl}	...
▪ <i>Seht:</i>	{V, 2, imp, pl}			
▪ <i>Die:</i>	{D, 3, sg, fem}	oder	{D, 3, pl}	...
▪ <i>Auf:</i>	{P, mit Akk}	oder	{P, mit Dat}	



# Merkmalswertstrukturen (feature structures)

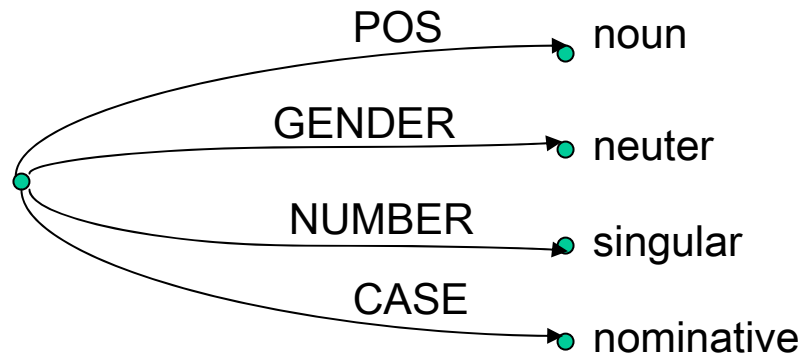
- ◆ Eine komplexe Kategorie besteht aus einer Menge von Merkmalen (features) mit zugehörigen Werten (values)
  - Grammatische Merkmale (Eigenschaften) von *Müsli*
    - WORTART (P(art) O(f) S(peech)) = nomen (noun)
    - GENUS (GENDER) = neutrum (neuter)
    - NUMERUS (NUMBER) = singular
    - KASUS (CASE) = nominativ (nominative) (zum Beispiel)
- ◆ Konvention:
  - Merkmale werden groß geschrieben
  - Werte werden klein geschrieben
- ◆ Jedes Merkmal kann nur einen Wert haben, nicht mehrere verschiedene Werte!  
(vgl. Funktionen in der Mathematik)



# Merkmals-Wert-Strukturen

- ◆ Eine Merkmals-Wert-Struktur kann als eine Funktion gedacht werden, die Merkmalen Werte zuordnet
  - Müsli:
    - $f(\text{POS}) = \text{noun}$
    - $f(\text{GENDER}) = \text{neuter}$
    - $f(\text{NUMBER}) = \text{singular}$
    - $f(\text{CASE}) = \text{nominative}$
- ◆ Eine andere Visualisierungsmöglichkeit ist ein so genannter gerichteter Graph

Müsli:



# Beschreibungen von Merkmal-Wert-Strukturen

- ◆ In grammatischen Regeln und Lexikoneinträgen befassen wir uns in aber nicht mit vollständigen Merkmal-Wert-Strukturen, sondern mit Beschreibungen (descriptions) solcher Strukturen
- ◆ Diese werden durch eckige Klammern gekennzeichnet und enthalten eine linke Spalte mit Merkmalen und eine rechte Spalte mit den dazugehörigen Werten

Lexikoneintrag

< Müsli,

POS	noun
GENDER	neuter
NUMBER	singular
CASE	nominative

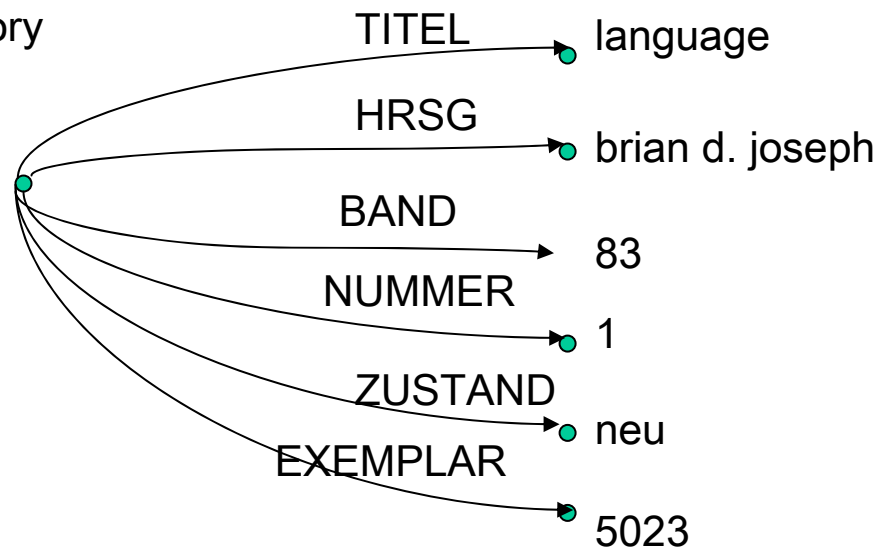
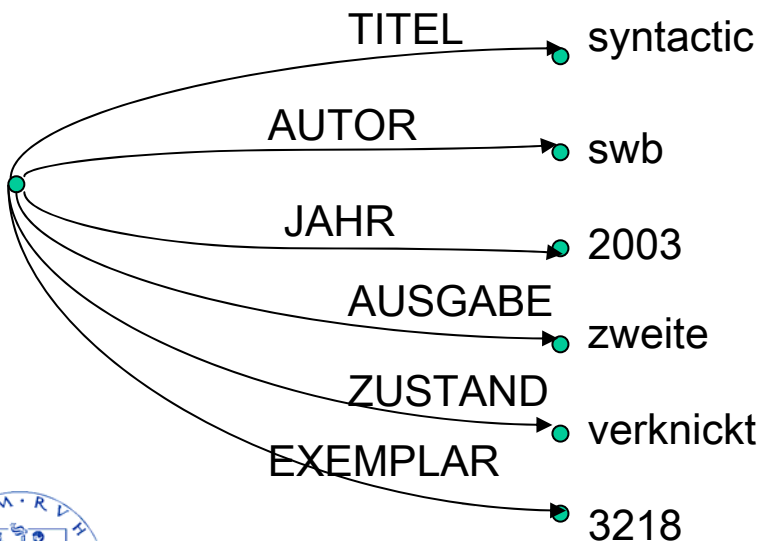
>

Beschreibung  
einer Merkmal-  
Wert-Struktur



# Ein nichtlinguistisches Beispiel – Publikationen

- ◆ Wir bauen eine Theorie über Publikationen (Bücher und Zeitschriften)
- ◆ Als theoretisches Modell für konkrete Buch- oder Zeitschriftenexemplare benutzen wir Merkmal-Wert-Strukturen (hier als gerichtete Graphen dargestellt)



# Ein nichtlinguistisches Beispiel – Publikationen

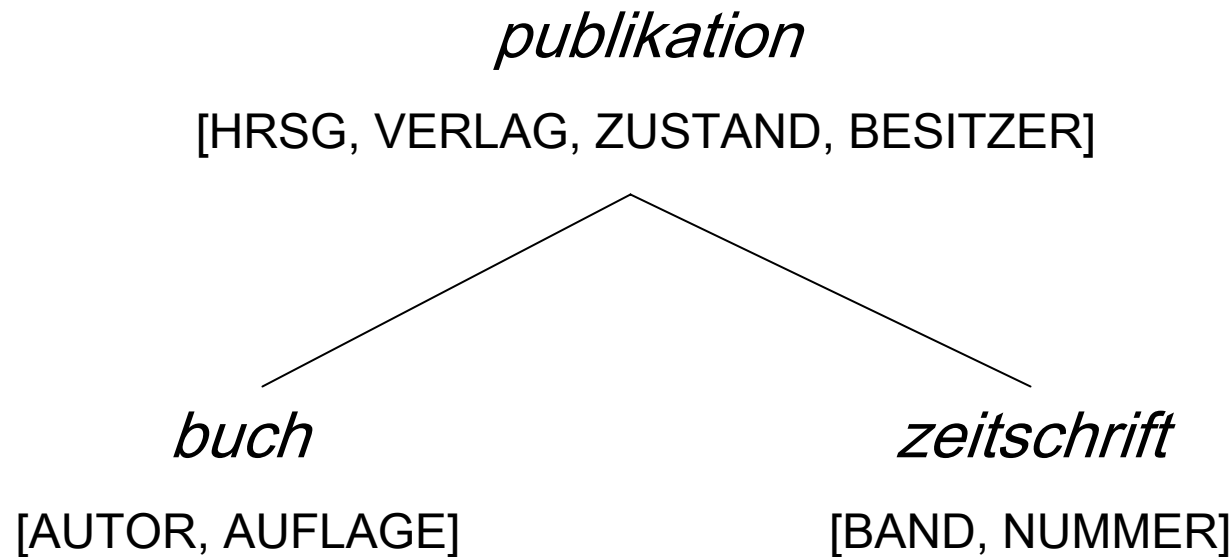
- ◆ Nicht alle Merkmale sind für alle Arten von Publikationen angemessen
- ◆ Ein Buch hat zum Beispiel keine Nummer, eine Zeitschrift keinen Autor (“distinguishing properties”)
- ◆ Manche Merkmale sind jedoch für alle Publikationen angemessen (“shared properties”)
- ◆ Typ *publikation* mit den beiden Untertypen *buch* und *zeitschrift*

Bücher	Zeitschriften
AUTOR	-----
HRSG	HRSG
JAHR	-----
VERLAG	VERLAG
-----	BAND
-----	NUMMER
ZUSTAND	ZUSTAND
EXEMPLAR	EXEMPLAR
BESITZER	BESITZER



# Ein nichtlinguistisches Beispiel – Publikationen

- ◆ Organisation der Typen in einer Hierarchie mit Deklaration der angemessenen Merkmale



# Ein nichtlinguistisches Beispiel – Publikationen

- ◆ Alternative Darstellung der Typenhierarchie in Tabellenform

Typ	Merkmale / Werte	Untertyp von
<i>publikation</i>	HRSG name VERLAG name ZUSTAND {geknickt, neu} BESITZER name	
<i>buch</i>	AUTOR name AUFLAGE zahl	<i>publikation</i>
<i>zeitschrift</i>	BAND zahl NUMMER zahl	<i>publikation</i>



## Ein nichtlinguistisches Beispiel -- Publikationen

- ◆ Wir möchten aber keine Theorie über konkrete Exemplare von Büchern und Zeitschriften, sondern über Klassen von Büchern und Zeitschriften
- ◆ Daher benutzen wir (unvollständige) Beschreibungen von Merkmal-Wert-Strukturen, um uns auf verschiedene Klassen von Büchern und Zeitschriften zu beziehen

<i>buch</i>	
TITEL	syntactic theory
AUTOR	swb
JAHR	2003
AUFLAGE	2

ist eine Einführung in die HPSG.

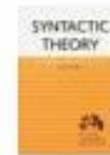
- ◆ Aussage über alle Exemplare dieses Buchs unabhängig von Zustand und Besitzer



# Ein nichtlinguistisches Beispiel -- Publikationen

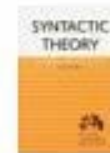
*buch*  
[ TITEL syntactic theory ]

passt auf die  
folgenden  
Bücher



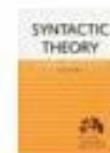
*buch*  
[ TITEL syntactic theory  
AUTOR ivan sag ]

passt auf die  
folgenden  
Bücher



*buch*  
[ TITEL syntactic theory  
AUTOR ivan sag  
AUFLAGE 2 ]

passt auf  
das folgende  
Buch



# Subsumption

- ◆ Je mehr Merkmale mit Werten (je mehr Informationen) eine Beschreibung enthält, desto weniger Modelle (theoretische Objekte) beschreibt sie

- ◆ Die Beschreibung  $\left[ \begin{array}{l} buch \\ \text{TITEL} \quad \text{syntactic theory} \end{array} \right]$  subsumiert

die Beschreibung

$$\left[ \begin{array}{l} buch \\ \text{TITEL} \quad \text{syntactic theory} \\ \text{AUTOR} \quad \text{ivan sag} \\ \text{AUFLAGE} \quad 2 \end{array} \right]$$

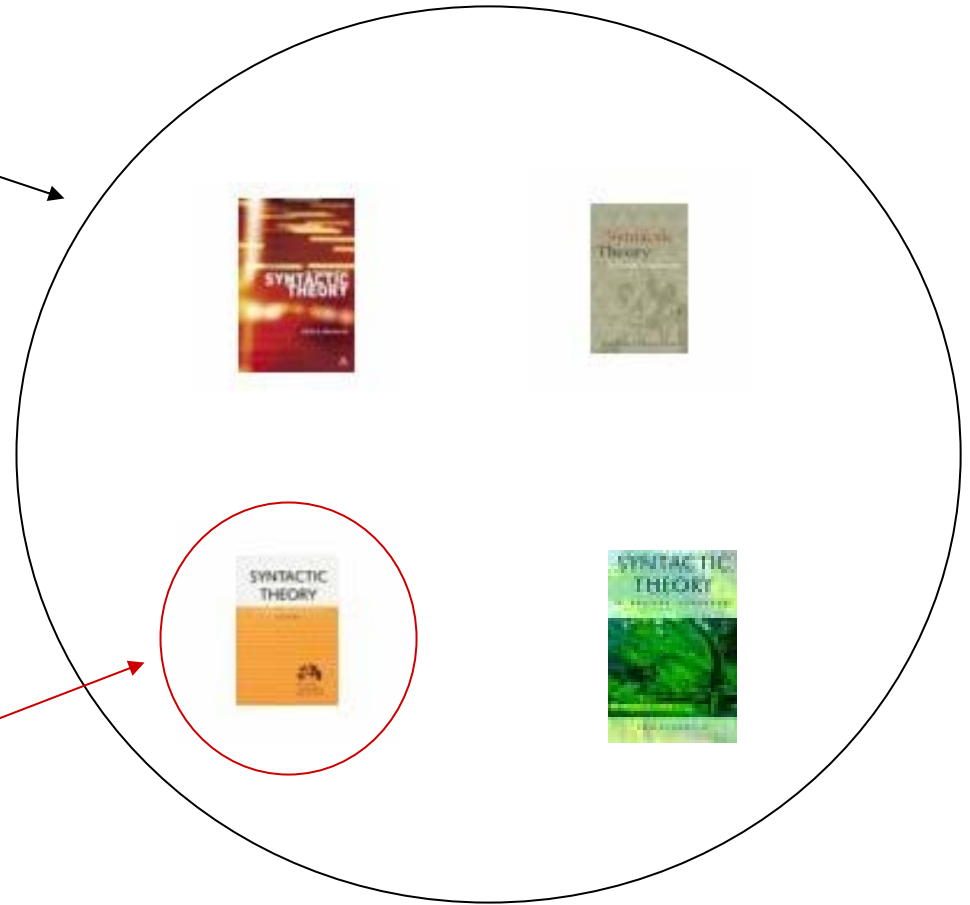
- ◆ Die zweite Beschreibung trifft auf eine echte Teilmenge der Objekte zu, auf die die erste Beschreibung zutrifft



# Subsumption

[*buch*  
TITEL syntactic theory]

[*buch*  
TITEL syntactic theory  
AUTOR ivan sag  
AUFLAGE 2]



# Subsumption

- ◆ Ebenso subsumiert die Beschreibung [*publikation*] die Beschreibung [*zeitschrift*]
  - Alle Publikationen erfüllen die Beschreibung [*publikation*], sowohl Bücher als auch Zeitschriften
  - Die Beschreibung [*zeitschrift*] trifft dagegen nur auf Zeitschriften zu
- ◆ Ein allgemeinerer Typ subsumiert seine Untertypen



# Kombination von Beschreibungen (Unifikation)

- ◆ Zwei Beschreibungen können kombiniert werden (unifiziert werden), wenn sie kompatibel sind
  - Ihre Typen müssen kompatibel sein: Entweder sind beide vom gleichen Typ oder eine ist ein Untertyp der anderen
  - Ein Merkmal kann nicht zwei verschiedene Werte annehmen
- ◆ Die Unifikation der beiden Beschreibungen enthält alle Merkmal-Wert-Paare der beiden ursprünglichen Beschreibungen (doppelte werden zusammengefasst)
- ◆ Die Unifikation hat den spezifischeren Typ der beiden ursprünglichen Beschreibungen



# Kompatibilität (Unifizierbarkeit)

$$\begin{bmatrix} buch \\ JAHR & 2003 \end{bmatrix} \& \begin{bmatrix} buch \\ AUTOR & ivan sag \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} buch \\ JAHR & 2003 \\ AUTOR & ivan sag \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} buch \\ JAHR & 2003 \end{bmatrix} \& \begin{bmatrix} publikation \\ VERLAG & csli \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} buch \\ AUTOR & ivan sag \\ VERLAG & csli \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} buch \\ JAHR & 2003 \end{bmatrix} \& \begin{bmatrix} zeitschrift \\ VERLAG & csli \end{bmatrix}$$

nicht unifizierbar  
inkompatible Typen



# Kompatibilität (Unifizierbarkeit)

$[buch] \& [publikation] = [buch]$

$[buch] \& [zeitschrift]$

nicht unifizierbar  
inkompatible Typen

$$\begin{bmatrix} publikation \\ VERLAG & csl \\ ZUSTAND & neu \end{bmatrix} \& \begin{bmatrix} buch \\ AUTOR & ivan sag \\ JAHR & 2003 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} buch \\ AUTOR & ivan sag \\ JAHR & 2003 \\ VERLAG & csl \\ ZUSTAND & neu \end{bmatrix}$$


# Kompatibilität (Unifizierbarkeit)

$\left[ \begin{array}{l} \textit{buch} \\ \text{AUTOR} \quad \text{cornelia funke} \\ \text{JAHR} \quad 2003 \end{array} \right] \& \left[ \begin{array}{l} \textit{buch} \\ \text{AUTOR} \quad \text{ivan sag} \\ \text{JAHR} \quad 2003 \end{array} \right]$



# Kompatibilität (Unifizierbarkeit)

$\left[ \begin{array}{l} \text{buch} \\ \text{AUTOR} \text{ cornelia funke} \\ \text{JAHR} \text{ 2003} \end{array} \right]$	&	$\left[ \begin{array}{l} \text{buch} \\ \text{AUTOR} \text{ ivan sag} \\ \text{JAHR} \text{ 2003} \end{array} \right]$
--	---	--

nicht unifizierbar  
inkompatible  
Werte

$\left[ \begin{array}{l} \text{buch} \\ \text{AUTOR} \text{ ivan sag} \\ \text{VERLAG} \text{ csli} \\ \text{ZUSTAND} \text{ neu} \end{array} \right]$	&	$\left[ \begin{array}{l} \text{buch} \\ \text{AUTOR} \text{ ivan sag} \\ \text{JAHR} \text{ 2003} \end{array} \right]$	=	$\left[ \begin{array}{l} \text{buch} \\ \text{AUTOR} \text{ ivan sag} \\ \text{VERLAG} \text{ csli} \\ \text{ZUSTAND} \text{ neu} \\ \text{JAHR} \text{ 2003} \end{array} \right]$
--	---	--	---	--

Reihenfolge der Merkmal-  
Wert-Paare in einer Merkmal-  
Wert-Beschreibung/Struktur  
ist egal



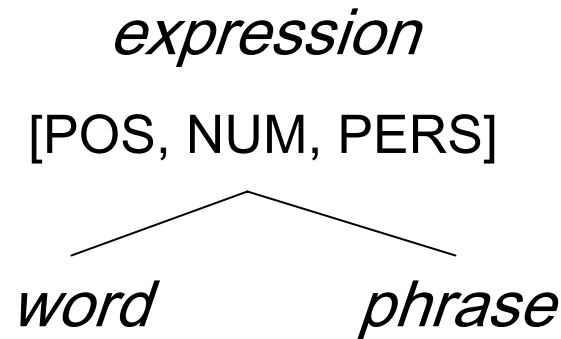
## Zurück zur Linguistik

- ◆ Theoretische linguistische Objekte wie z.B. Wörter und Phrasen können ebenfalls als Merkmal-Wert-Strukturen modelliert werden
- ◆ Merkmal-Wert-Beschreibungen können benutzt werden, um die Menge der möglichen grammatischen linguistischen Objekte einzuschränken (so genannte *Beschränkungen* oder *Constraints*)



# Eine erste linguistische Typenhierarchie

- ◆ Ausdruck (expression) mit den Untertypen Wort (word) und Phrase



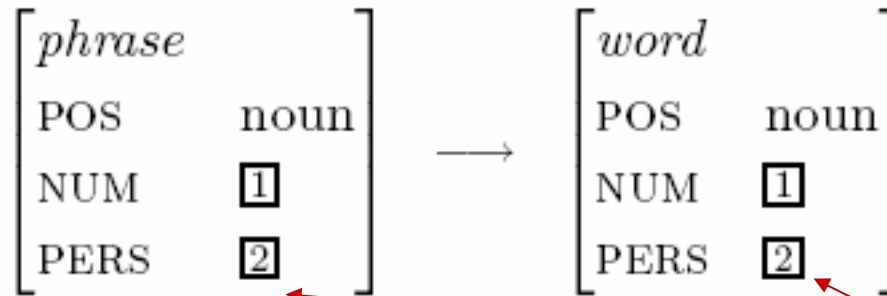
- ◆ Ausdrücke haben eine syntaktische Kategorie (POS) und Kongruenzmerkmale

Typ	Merkmale / Werte	Untertyp von
<i>expression</i>	POS {verb, noun, adj, det, prep} NUM {sg, pl} PERS {1, 2, 3}	
<i>word</i>		<i>expression</i>
<i>phrase</i>		<i>expression</i>

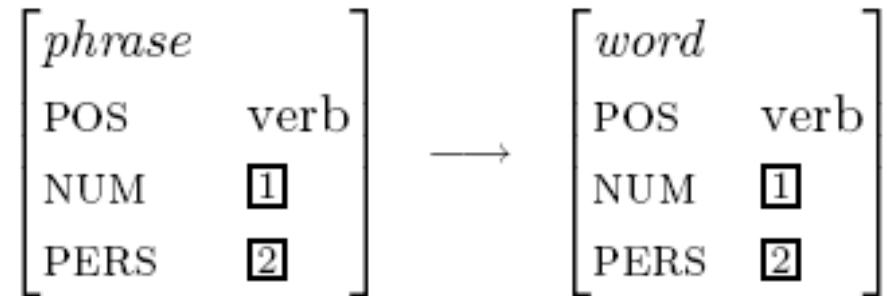


# Grammatikregeln mit Merkmal-Wert-Beschreibungen

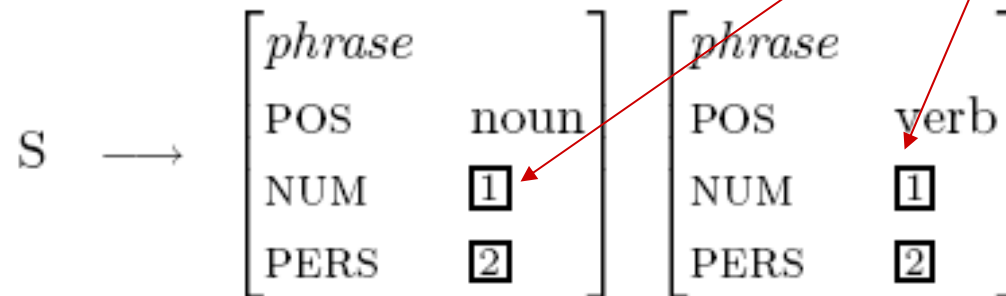
◆ NP → N



◆ VP → V



◆ S → NP VP



Identitäts-  
beschränkungen:  
Werte müssen  
übereinstimmen!



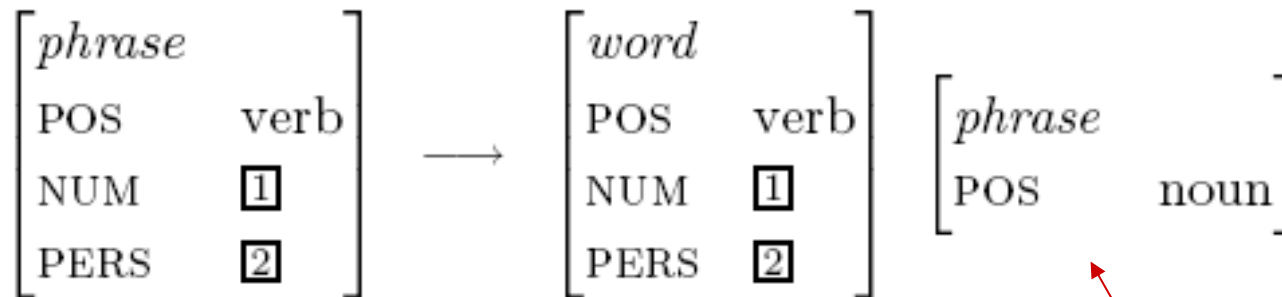
# Grammatikregeln mit Merkmal-Wert-Beschreibungen

- ◆ Inwiefern vereinfacht diese Regelform die Modellierung der Subjekt-Verb-Kongruenz?
  - Die Nominalphrase hat die gleichen Kongruenzmerkmale wie das Kopfnomen, das darin enthalten ist
  - Die Verbalphrase hat die gleichen Kongruenzmerkmale wie das enthaltene Verb
- sog. Kopfmerkmale einer Phrase und ihres Kopfes sind identisch (Kopfmerkmalsprinzip, head-feature principle)
- Es ist nur noch eine Regel für die Modellierung der Subjekt-Verb-Kongruenz nötig
- In Regeln, für die die Kongruenzmerkmale irrelevant sind, kann man allgemeinere Beschreibungen verwenden



# Unterspezifikation

- ◆ Allgemeinere Beschreibung von beliebigen NPen in der transitiven VP-Regel
- ◆  $VP \rightarrow V NP$



Alle Nominalphrasen  
mit beliebigen  
Kongruenz-  
merkmalswerten



# Vorteile von Merkmal-Wert-Beschreibungen

- ◆ Wir können uns sowohl auf sehr allgemeine Klassen von linguistischen Objekten beziehen, z.B. alle Nomina, alle Verbalphrasen, etc.
- ◆ Aber auch auf sehr spezifische Unterkategorien, wie z.B. alle transitiven Verben in der dritten Person Singular oder alle Nominalphrasen der ersten Person Plural im Akkusativ.
- ◆ Durch Identitätsbeschränkungen (identity constraints) mit Hilfe numerierter Variablen ( $\boxed{1}$ ,  $\boxed{2}$  oder auch  $\boxed{999}$ ) können Kongruenzbeziehungen ausgedrückt werden.

