

Merkmale, Merkmalsstrukturen, Unifikation

- Merkmale
- Merkmalstrukturen
- Unifikation

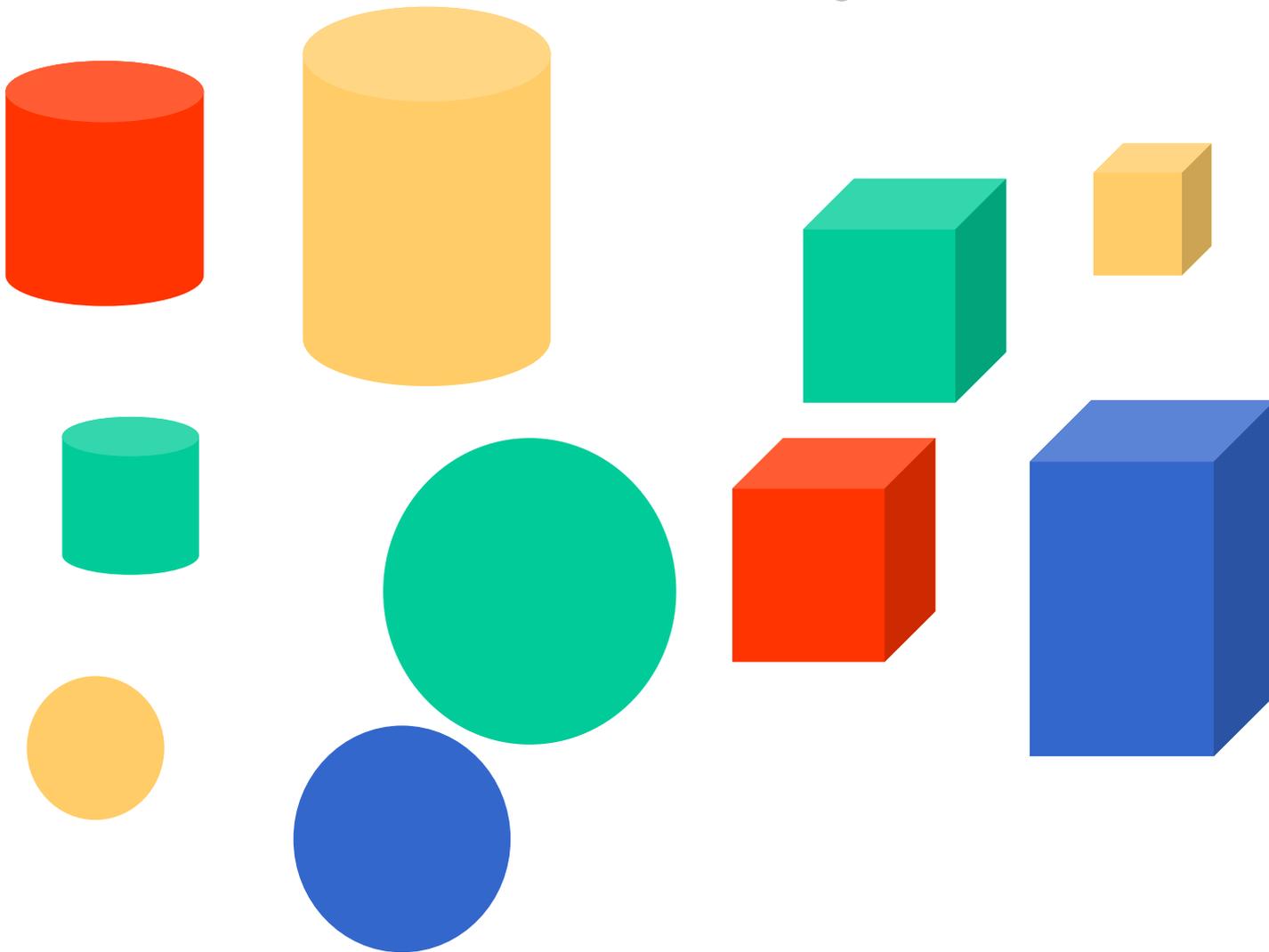
Merkmale

Das Wort **'Merkmal'** bedeutet im Prinzip soviel wie 'Eigenschaft' und bezieht sich auf die individuellen **Attribute**, die ein bestimmtes Objekt aufweist.

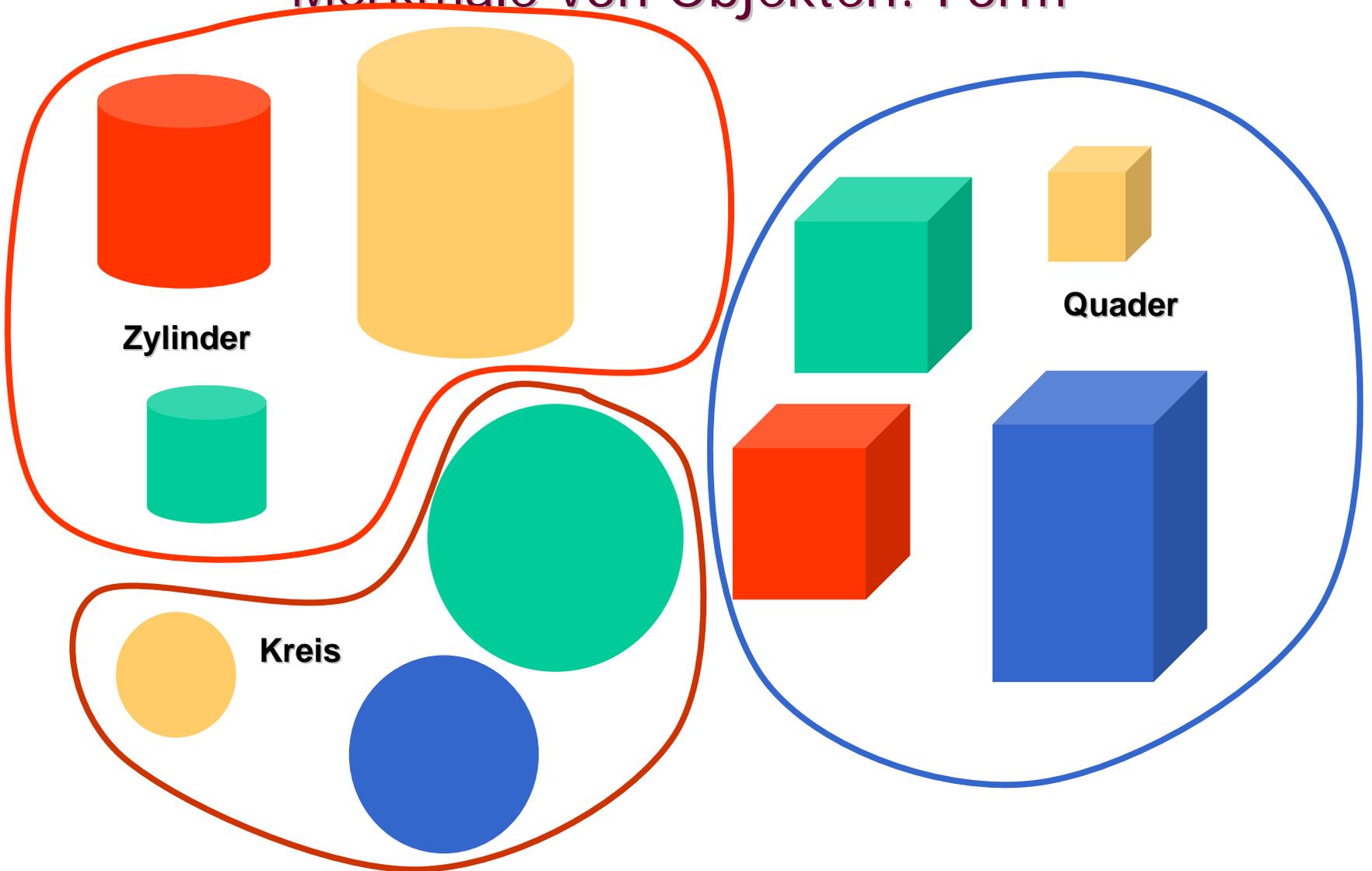
Objekte können über Mengen von Merkmalen beschrieben werden, und wenn bestimmte Objekte dieselben Merkmale aufweisen, kann man sie möglicherweise in einer Klasse zusammenfassen.

Die Verwendung von Merkmalen erlaubt es, Objekte miteinander zu vergleichen und sie dabei entweder voneinander zu differenzieren oder Klassen von Objekten mit denselben Merkmalen zu bilden.

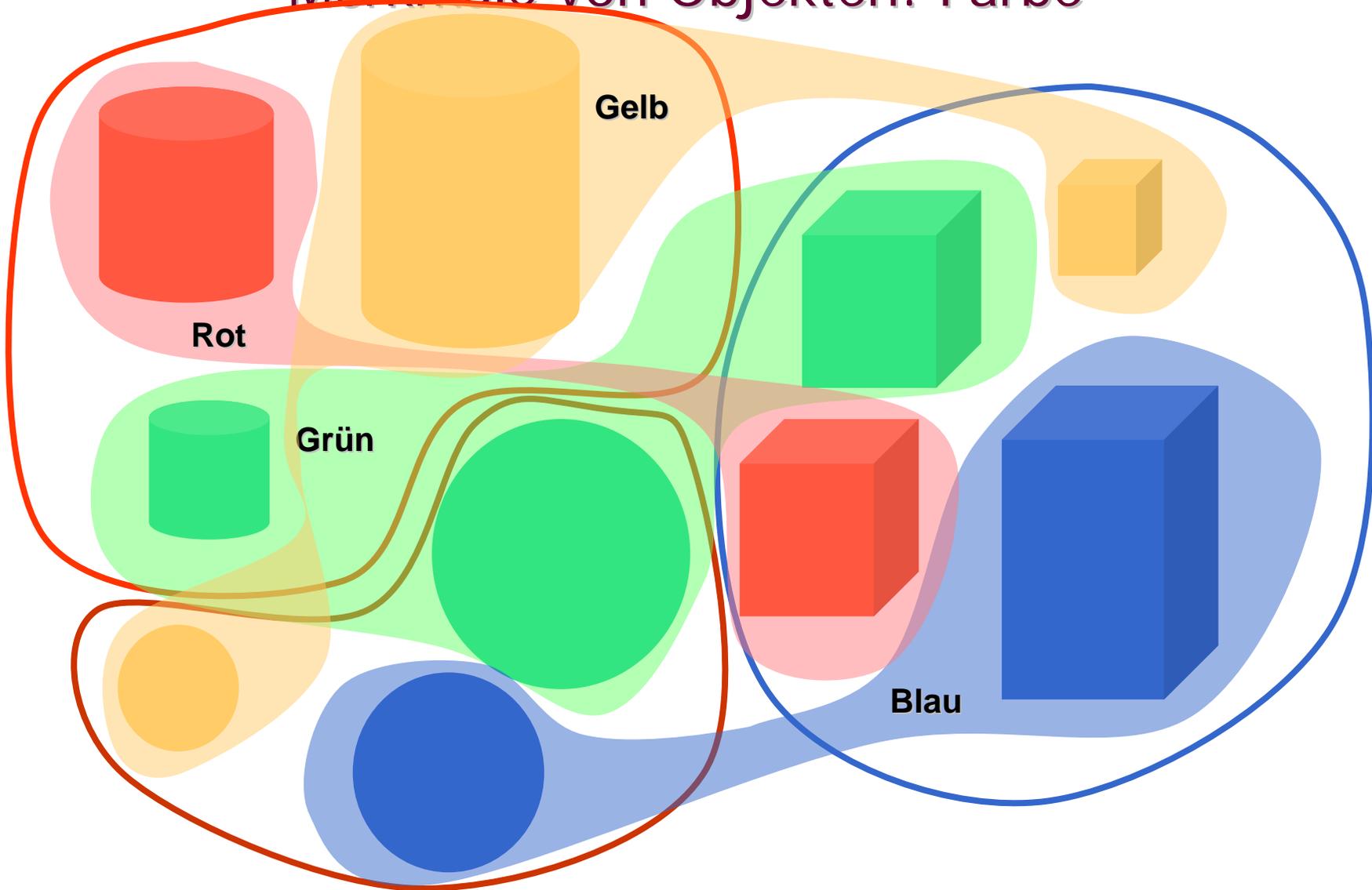
Merkmale von Objekten



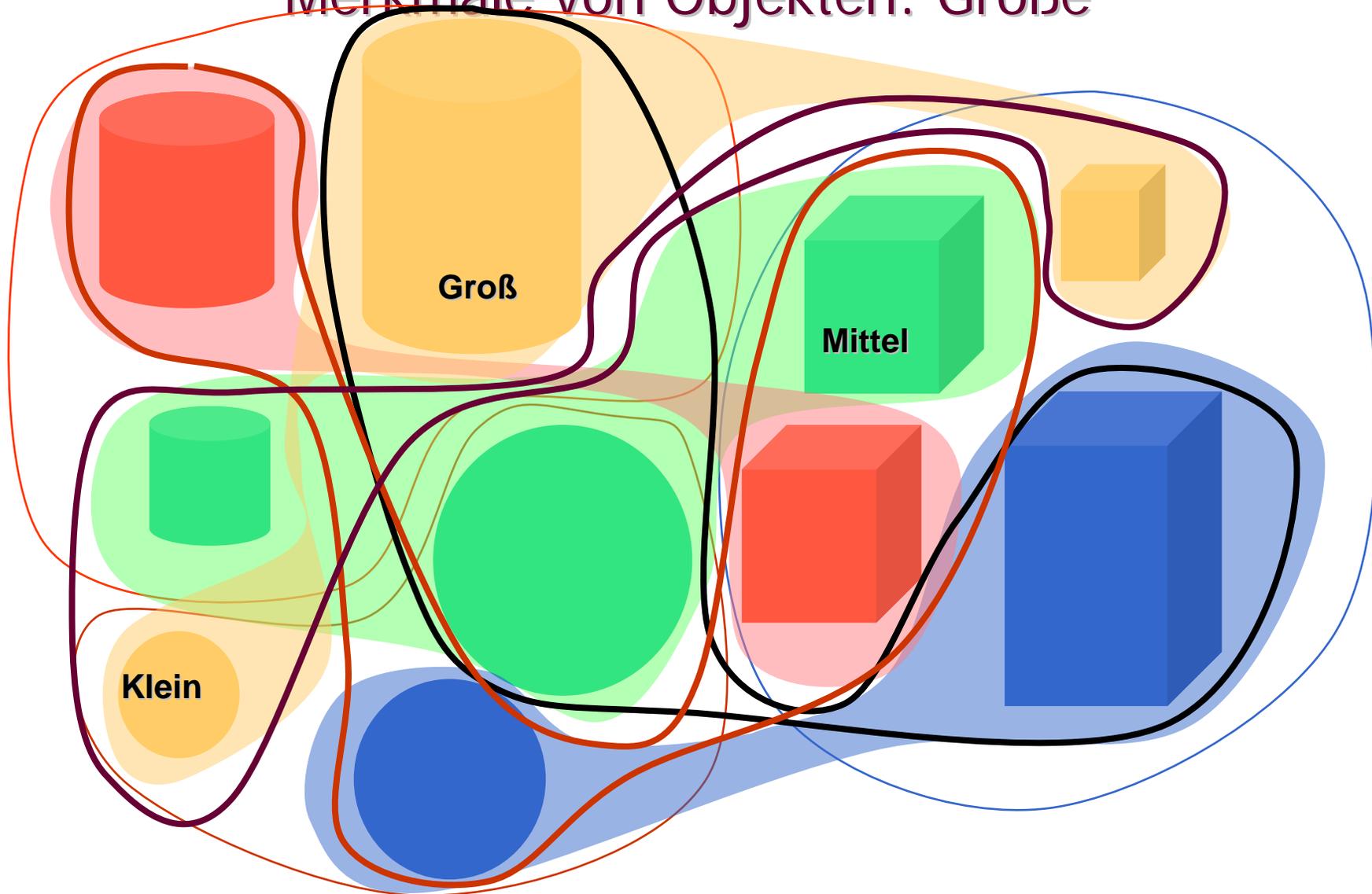
Merkmale von Objekten: Form



Merkmale von Objekten: Farbe



Merkmale von Objekten: Größe



Objekt-Attribut-Wert-Tripel

Eine in der Wissensrepräsentation gebräuchliche Methode, um Wissensinhalte zu repräsentieren, ist die Darstellung als

Objekt-Attribut-Wert-Tripel

oder

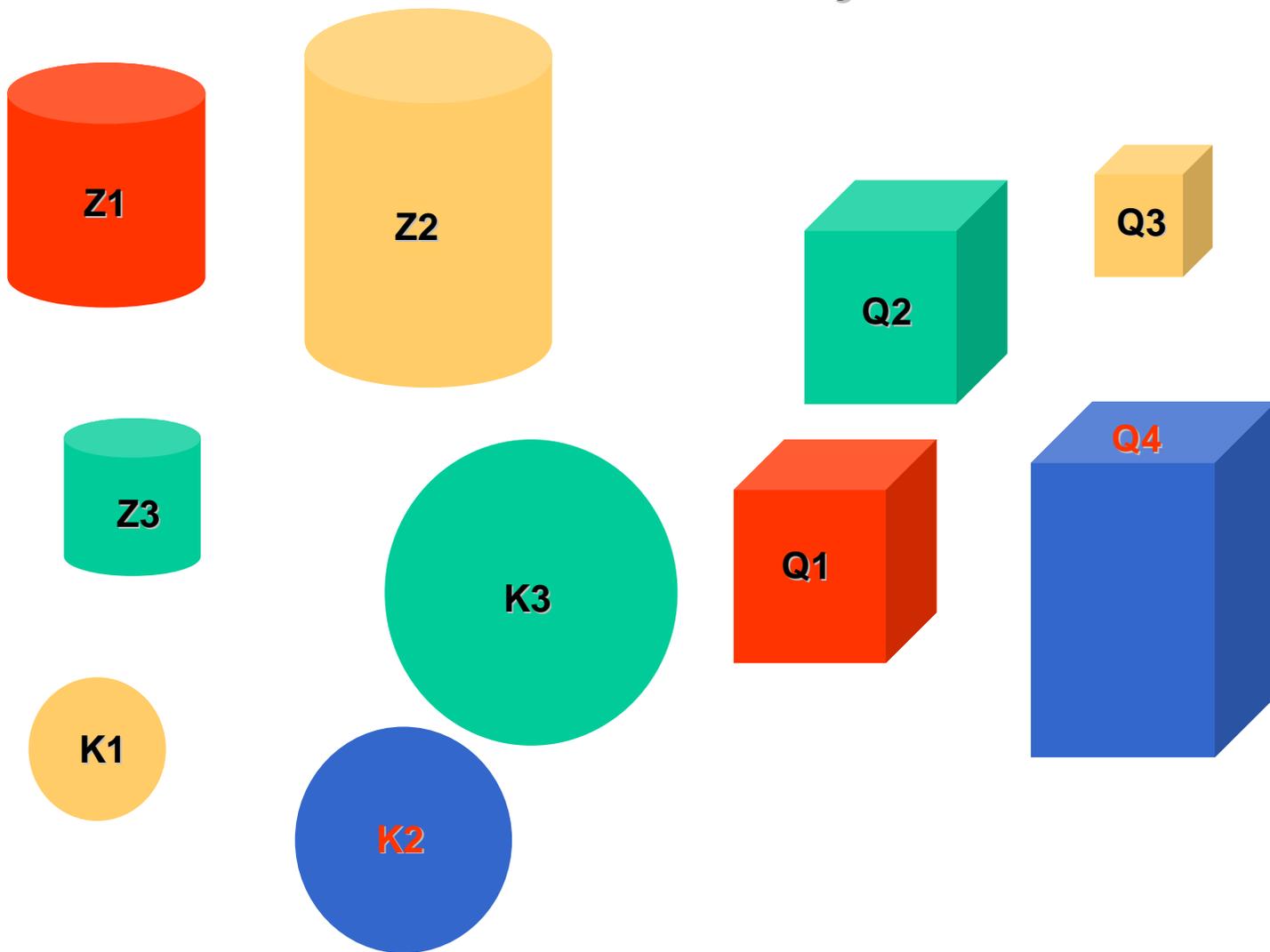
O-A-W-Tripel (Assoziatives Tripel).

Es handelt sich dabei um einen Spezialfall der Darstellung durch semantische Netze.

Objekte, Attribute, Werte

- ◇ **Objekte** sind entweder physische Entitäten oder begriffliche Einheiten.
- ◇ **Attribute** sind allgemeine Charakteristika oder Eigenschaften, die mit Objekten assoziiert werden. **Größe**, **Form** und **Farbe** sind typische Attribute von physischen Objekten.
- ◇ Der **Wert** eines Attributs kennzeichnet die spezifische Beschaffenheit (Ausprägung) eines Attributs in einer bestimmten Situation.

Merkmale von Objekten



Objekt-Attribut-Wert-Tripel: Beispiele

Objekt

Attribut

Wert

Z1

Farbe

rot

Z1

Form

Zylinder

Z1

Größe

mittel

Q3

Farbe

gelb

Q3

Form

Quader

Q3

Größe

klein

K3

Farbe

grün

K3

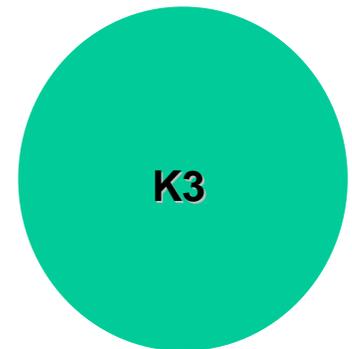
Form

Kreis

K3

Größe

groß



Objekt-Attribut-Wert-Tripel: Beispiele

Objekt	Attribut	Wert
<i>Kindes</i>	Kategorie	Nomen
<i>Kindes</i>	Genus	Neutrum
<i>Kindes</i>	Numerus	Singular
<i>Kindes</i>	Kasus	Genitiv
<i>Kindes</i>	Person	3

Objekt-Attribut-Wert-Tripel → Attribut-Wert-Paar

Objekt

Kindes

Attribut

Kategorie

Genus

Numerus

Kasus

Person

Wert

Nomen

Neutrum

Singular

Genitiv

3

Attribut-Wert-Paare

Objekt**Attribut****Wert***Kindes***Kategorie****Nomen****Genus****Neutrum****Numerus****Singular****Kasus****Genitiv****Person****3**

Attribut-Wert-Paare: Merkmalstrukturen

<i>singt</i>	Kategorie	Verb
	Kongruenz	Person 3 Numerus Singular
	Tempus	Präsens
	Modus	Indikativ

Merkmale in der Linguistik

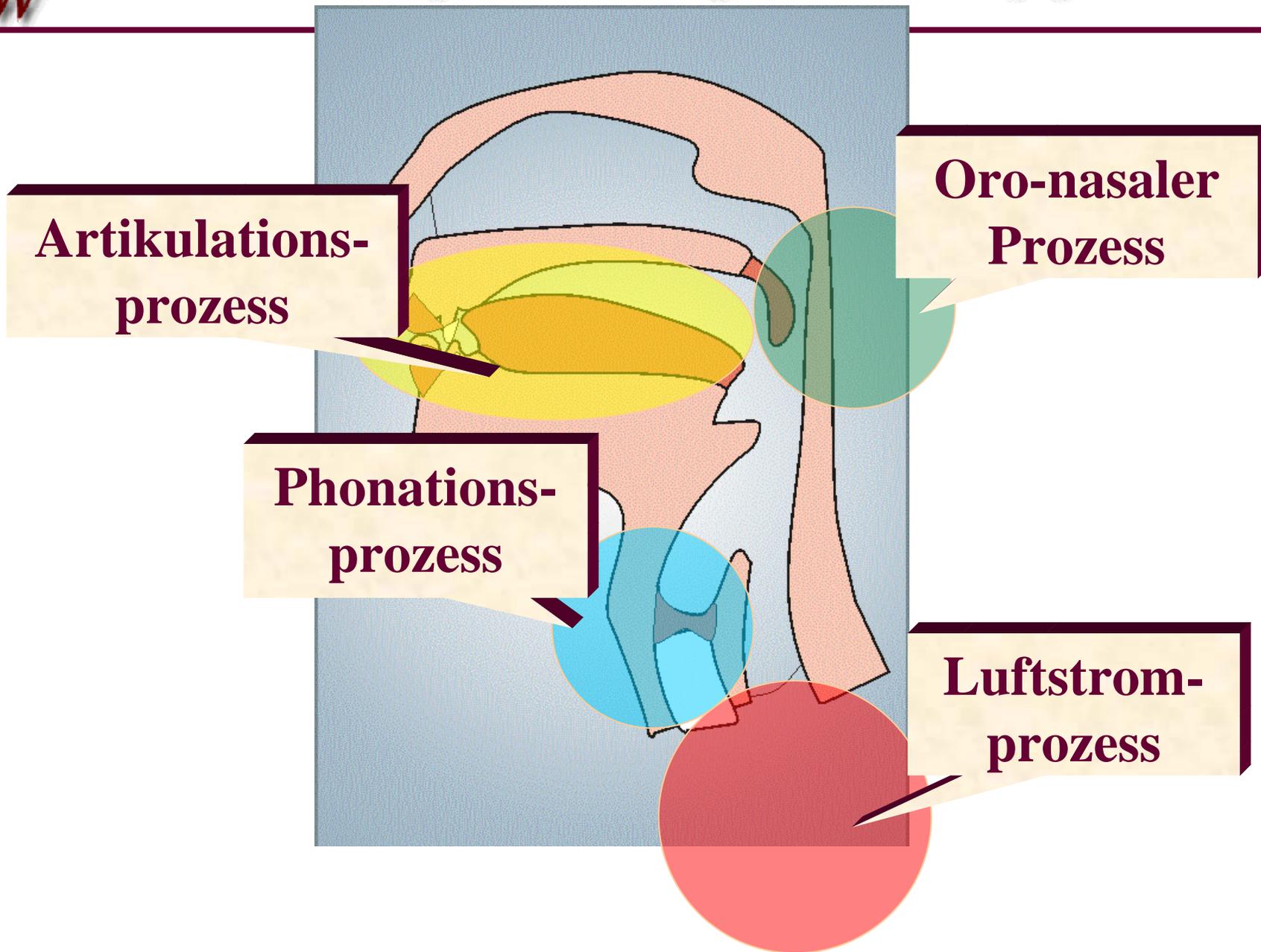
Auch in der Linguistik dienen Merkmale dazu, Objekte zu charakterisieren und Klassen von Objekten zu bilden. Dabei ist klar, dass die Merkmale und die Objekte, um die es geht, im weitesten Sinne linguistischer Natur sind.

In den folgenden Abschnitten soll dargestellt werden, wie solche Merkmale aufgebaut sind, und welche Funktionen sie für die Repräsentation von linguistischer Information auf den verschiedenen sprachlichen Ebenen (**Phonetik**, **Morphologie**, **Syntax**, **Semantik**) haben können.

Merkmale in der Phonetik

Ein recht anschauliches Beispiel für die Klassifizierung von Objekten über Merkmale stammt aus dem Bereich der **Phonetik** und **Phonologie**. In diesen linguistischen Teildisziplinen spielen Merkmale traditionell eine wichtige Rolle, und die Versuche, die Laute und Lautsysteme der menschlichen Sprache(n) auf der Ebene von Merkmalen zu repräsentieren, reichen bereits in die 30er Jahre zurück.

In der artikulatorischen Phonetik geht es um die physiologischen Prozesse, die sich bei der Artikulation vollziehen: Sprachlaute werden beschrieben mit Bezug auf die Stellung der Artikulationsorgane bei der Lautproduktion. So basiert z.B. die im internationalen phonetischen Alphabet (IPA) verwendete Klassifikation von Lauten auf Artikulationsmerkmalen.



Fragen zur Konsonantenbeschreibung

1. Welcher Luftstromprozess wird verwendet?
2. Welche Richtung hat der Luftstrom?
3. Wie ist die Stellung der Glottis?
4. Wie ist die Stellung des Velums?
5. Was ist der aktive Artikulator?
6. Was ist der passive Artikulator?
7. Was sind Art und Grad der Engebildung?
8. Wie fließt der Luftstrom im Vokaltrakt?

1. Welcher Luftstromprozess wird verwendet?

- ◇ pulmonisch (Lungenluft)
- ◇ glottalisch (Kehlkopf nach oben oder unten)
- ◇ velarisch (vgl. Einsaugen von Flüssigkeit)

Attribut

Wertebereich

Luftstromprozess

{pulmonisch, glottalisch, velarisch}

2. Welche Richtung hat der Luftstrom

- ◇ egressiv (nach außen gerichtet)
- ◇ ingressiv (nach innen gerichtet)

Attribut

Wertebereich

Luftstromrichtung

{egressiv, ingressiv}

3. Wie ist die Stellung der Glottis?

- ◇ Atemstellung (stimmlos)
- ◇ Stimmstellung (stimmhaft)
- ◇ Flüsterstellung (geflüstert)
- ◇ Murmelstimme (behaucht)
- ◇ Knarrstimme (laryngalisiert)

Attribut

Wertebereich

Glottisstellung

{stimmlos, stimmhaft, geflüstert,
behaucht, laryngalisiert}

4. Wie ist die Stellung des Velums?

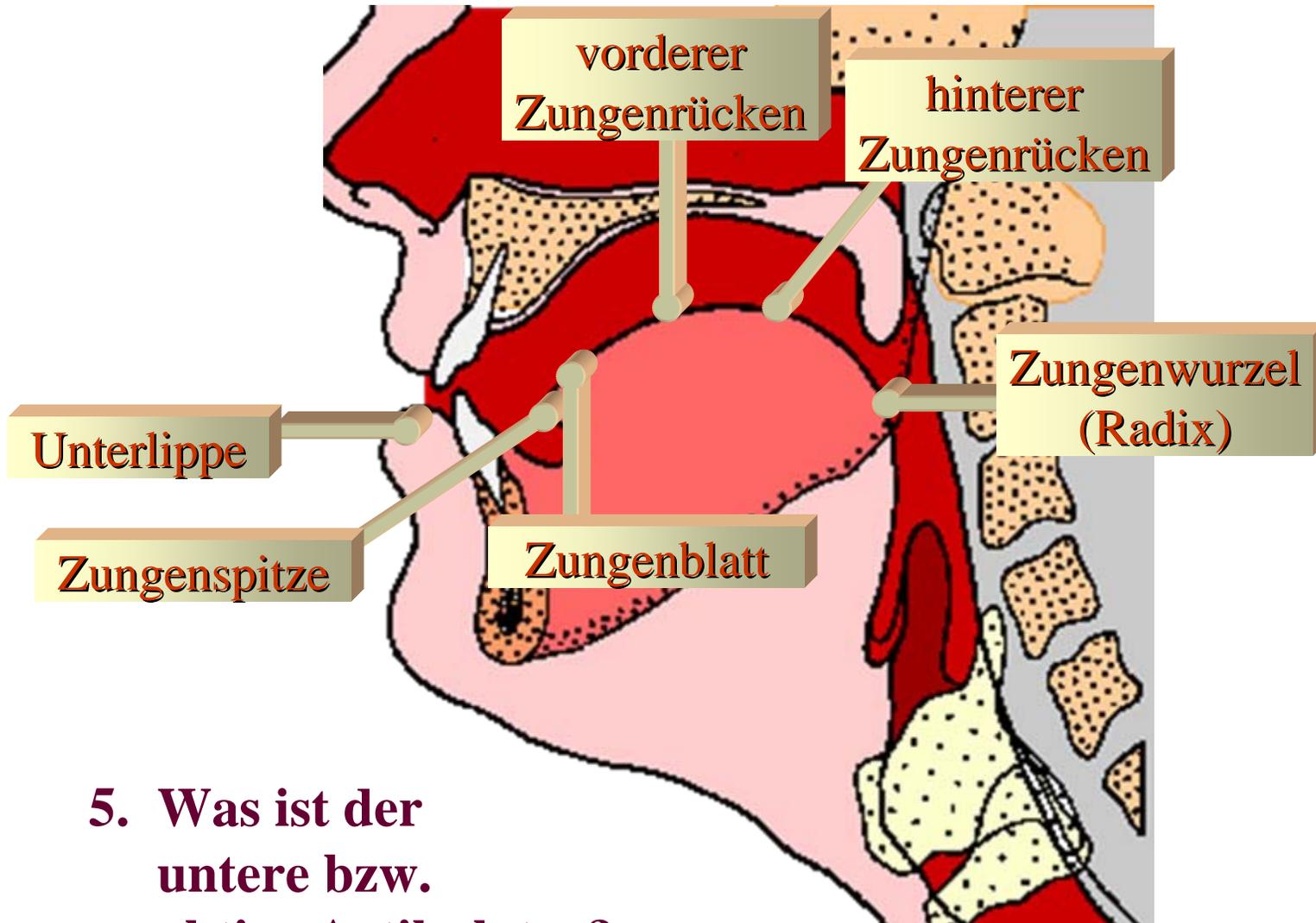
- ◇ velischer Verschluss (oral)
- ◇ Velum gesenkt (nasal)

Attribut

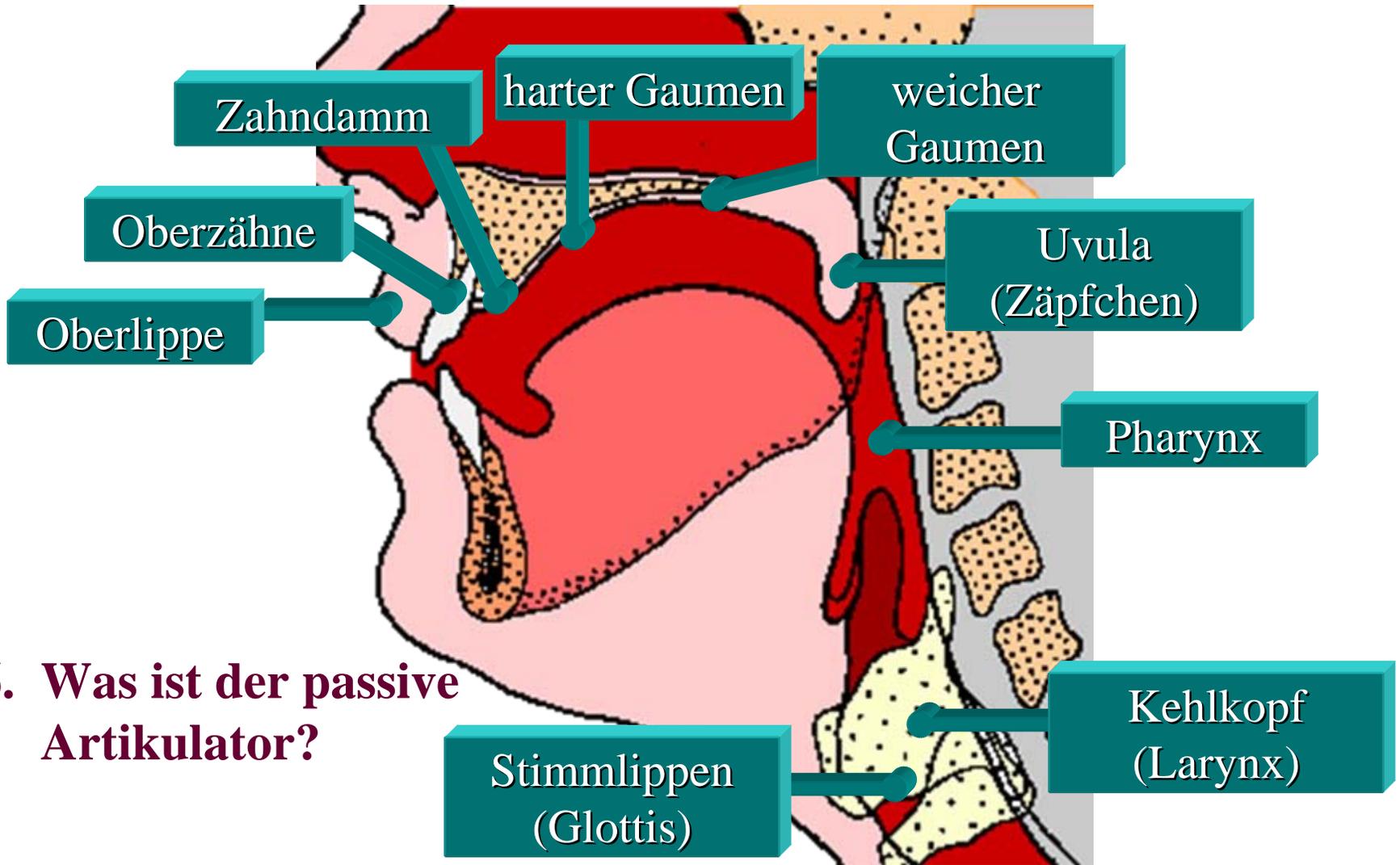
Wertebereich

Velumstellung

{oral, nasal}



5. Was ist der untere bzw. aktive Artikulator?



6. Was ist der passive Artikulator?

5./6. Aktive und passive Artikulatoren

Attribut

Wertebereich

aktiver Artikulator {labial, dental, alveolar, palatal, velar, uvular}

passiver Artikulator {labial, apikal, laminal, dorsal}

7. Was sind Art und Grad der Engebildung?

- ◇ Okklusiv (Totalverschluss)
- ◇ Affrikate
- ◇ Frikativ
- ◇ Approximant
- ◇ Vibrant
- ◇ Resonant

Attribut

Artikulationsart

Wertebereich

{Okklusiv, Affrikativ, Frikativ,
Approximant, Vibrant, Resonant}

8. Wie ist die Lage des Luftstroms?

- ◇ zentral
- ◇ lateral

Attribut

Wertebereich

Luftstromlage

{zentral, lateral}

Das /f/ wie in *fat***Attribut**

- ◇ Luftstromprozess
- ◇ Luftstromrichtung
- ◇ Glottisstellung
- ◇ Velumstellung
- ◇ Aktiver Artikulator
- ◇ Passiver Artikulator
- ◇ Artikulationsart
- ◇ Luftstromlage

Wert

- ◇ pulmonisch
- ◇ egressiv
- ◇ stimmlos
- ◇ oral
- ◇ labial
- ◇ dental
- ◇ Frikativ
- ◇ zentral

Das /f/ wie in *fat*: Merkmalsmatrix

/f/ =	Luftstromprozess	pulmonisch
	Luftstromrichtung	egressiv
	Glottisstellung	stimmlos
	Velumstellung	oral
	Aktiver Artikulator	labial
	Passiver Artikulator	dental
	Artikulationsart	Frikativ
	Luftstromlage	zentral

Binäre phonologische Merkmale

Ausgehend von der Feststellung, dass viele phonetische Attribute als die An- oder Abwesenheit einer Eigenschaft erscheinen, hat man schon früh versucht phonetische Merkmale als **binäre Oppositionen** zu erfassen, d.h. als positive oder negative Spezifikation eines Attributes. Beispiele:

- An- und Abwesenheit von nasaler Resonanz
- An- und Abwesenheit von Stimmton
- Totalverschluss zweier Artikulatoren vs. Engebildung

Binäre phonologische Merkmale: Wertebereich

Bei diesen binären Merkmalen reduziert sich der Wertebereich auch 2 Werte, nämlich **ja** oder **nein**, **wahr** oder **falsch**, oder **+** oder **-**

Für solche binären Merkmale gibt es eine eigene Notation, bei der der Wert vor den Attributnamen geschrieben wird:

statt **[stimmhaft: +]** schreibt man **[+ stimmhaft]**

statt **[nasal: -]** schreibt man **[-nasal]**

statt **[verschlossen: +]** schreibt man **[+ verschlossen]**

[± verschlossen, ± nasal]

[+verschlossen
–nasal]**Plosiv**

/p t k/

[+verschlossen
+nasal]**Nasal**

/m n ŋ/

[–verschlossen
+nasal]**Nasalierung**[–verschlossen
–nasal]**oraler Dauerlaut**

Artikulation

◇ Plosivlaute	/p b t d k g/
◇ Affrikaten	/tʃ dʒ/
◇ Frikative	/f v θ ð s z ʃ ʒ (h)/
◇ Nasale	/m n ŋ/
◇ Liquide	/l r/
◇ Gleitlaute (Halbvokale)	/j w/
◇ Vokale	/i e æ a ɔ u/

Plosive – Affrikaten – Frikative –
Nasale – Liquide – Halbvokale – Vokale

	silbisch	sonorant	okklusiv	konsonant	nasal	affrikativ
Plosiv	–	–	+	+	–	–
Affrikate	–	–	+	+	–	+
Frikativ	–	–	–	+	–	
Nasal	±	+	+	+	+	
Liquide	±	+	–	+	–	
Glides	–	+	–	–	–	
Vokal	+	+	–	–	±	

Binäre phonologische Merkmale: Plosiv, Affrikat

Plosiv =

silbisch	-
sonorant	-
okklusiv	+
konsonantisch	+
nasal	-
affrikativ	-

Affrikat =

silbisch	-
sonorant	-
okklusiv	+
konsonantisch	+
nasal	-
affrikativ	+

Binäre phonologische Merkmale: Nasal, Vokal

Nasal =	silbisch	-
	sonorant	+
	okklusiv	+
	konsonantisch	+
	nasal	+
	affrikativ	-

Vokal =	silbisch	+
	sonorant	+
	okklusiv	-
	konsonantisch	-
	nasal	±
	affrikativ	-

Merkmale in der Morphologie

Im Bereich der Flexionsmorphologie können Merkmale ua. verwendet werden, um Wortformen über deren (sekundäre) grammatische Kategorien zu beschreiben.

Eine Wortform wie *füttert* kann exemplarisch wie folgt charakterisiert werden:

<i>füttert</i> =	Kategorie:	Verb
	Person:	3
	Numerus:	Singular
	Tempus:	Präsens
	Modus:	Indikativ

Merkmale in der Morphologie

Dieses Merkmalsbündel besteht aus Angaben über die lexikalische **Kategorie** (also die Wortart) der entsprechenden Wortform, und über deren Markierung hinsichtlich **Person**, **Numerus**, **Tempus** und **Modus**.

Ein Merkmal wie beispielsweise **[Kasus:Genitiv]**, welches man sich gut für ein Substantiv wie z.B. *Wetters* in *wegen des schlechten Wetters* vorstellen kann, besteht aus der Zuordnung eines Attributes und eines bestimmten Wertes für dieses Attribut. Dieser Wert entstammt einem festgelegten **Wertebereich** oder **Wertevorrat**.

Für das Attribut **Kasus** umfasst der Wertebereich in der deutschen Sprache die **Elemente** {**Nominativ**, **Akkusativ**, **Genitiv**, **Dativ**}, für das Attribut **Numerus** umfasst der Wertevorrat die Elemente {**Singular**, **Plural**} usw.

Attribute – Wertebereiche

Attribut	Wertebereich
Kategorie	{Nomen (N), Verb (V), Adjektiv (A), Präposition (P)}
Person	{1, 2, 3}
Numerus	{Singular, Plural, ...}
Kasus	{Nominativ, Akkusativ, Genitiv, Dativ}
Tempus	{Präsens, Präteritum, Futur}
Modus	{Indikativ, Konjunktiv, Optativ}

Merkmale in der Syntax

In der Syntax geht es u.a. zu erklären, warum der Ausdruck ***ein Hunde bellen** abweichend ist, während **die Hunde bellen** wohlgeformt ist.

$$A = \text{ein} = \begin{bmatrix} \text{Kat:} & \text{Det} \\ \text{Def:} & - \\ \text{Num:} & \text{Sg} \\ \text{Kas:} & \{\text{Nom, Akk}\} \end{bmatrix}$$

$$B = \text{Hunde} = \begin{bmatrix} \text{Kat:} & \text{N} \\ \text{Gen:} & \text{Mask} \\ \text{Num:} & \text{Pl} \\ \text{Kas:} & \{\text{Nom, Akk}\} \end{bmatrix}$$

Diese beiden Ausdrücke können nicht zu dem komplexen Ausdruck ***ein Hunde** verknüpft werden, weil die Merkmalsstrukturen in einem Punkt nicht kompatibel sind: das Numerus-Attribut hat einmal den Wert **Sg**, das andere Mal den Wert **Pl**.

Merkmale in der Syntax

Würde man **Hunde** zu **Hund** korrigieren, würde zwar der Ausdruck **ein Hund** bildbar sein, der Ausdruck ***ein Hund bellen** ist jedoch nach wie vor abweichend.

$$A = \text{ein} = \begin{bmatrix} \text{Kat:} & \text{Det} \\ \text{Def:} & - \\ \text{Num:} & \text{Sg} \\ \text{Kas:} & \{\text{Nom, Akk}\} \end{bmatrix}$$

$$B = \text{Hund} = \begin{bmatrix} \text{Kat:} & \text{N} \\ \text{Gen:} & \text{Mask} \\ \text{Num:} & \text{Sg} \\ \text{Kas:} & \{\text{Nom, Akk}\} \end{bmatrix}$$

$$A \sqcup B = \begin{bmatrix} \text{Kat:} & \text{NP} \\ \text{Def:} & - \\ \text{Gen:} & \text{Mask} \\ \text{Num:} & \text{Sg} \\ \text{Kas:} & \{\text{Nom, Akk}\} \end{bmatrix}$$

Merkmal-Strukturen

- ◇ Formal betrachtet sind Merkmal-Strukturen Mengen von Attribut-Wert-Paaren

$$f = \begin{bmatrix} a_1 & v_1 \\ a_2 & v_2 \\ \vdots & \vdots \\ a_n & v_n \end{bmatrix}$$

- Mathematisch betrachtet sind Merkmal-Strukturen selbst Funktionen, die Attribute auf Werte abbilden:
 $f(x) = y$, d.h. im Beispiel gilt $f(a_1)=v_1 \dots f(a_n)=v_n$

Merkmals-Strukturen: Attribute - Wertebereiche

- ◇ Jedes Attribut ist durch einen spezifischen Wertebereich (Wertevorrat) definiert:
 - ▶ Numerus {Singular, Plural, Dual}
 - ▶ Person {1, 2, 3}
 - ▶ Genus {Maskulinum, Femininum, Neutrum}
 - ▶ Kasus {Nominativ, Akkusativ, Genitiv, Dativ ...}
 - ▶ Tempus {Präsens, Präteritum ...}

Merkmals-Strukturen: Merkmalmatrix

Der Mann schenkt dem Kind ein Eis

SUBJ	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px 10px 5px 10px;">DET</td> <td style="padding: 5px 10px 5px 10px;">DEF</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px 10px 5px 10px;">PRED</td> <td style="padding: 5px 10px 5px 10px;">'MANN'</td> </tr> </table>	DET	DEF	PRED	'MANN'
DET	DEF				
PRED	'MANN'				
PRED	'SCHENK⟨(SUBJ)(OBJ2)(OBJ)⟩'				
OBJ	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px 10px 5px 10px;">DET</td> <td style="padding: 5px 10px 5px 10px;">INDEF</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px 10px 5px 10px;">PRED</td> <td style="padding: 5px 10px 5px 10px;">'EIS'</td> </tr> </table>	DET	INDEF	PRED	'EIS'
DET	INDEF				
PRED	'EIS'				
OBJ2	<table style="border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px 10px 5px 10px;">DET</td> <td style="padding: 5px 10px 5px 10px;">DEF</td> </tr> <tr> <td style="border-right: 1px solid black; padding: 5px 10px 5px 10px;">PRED</td> <td style="padding: 5px 10px 5px 10px;">'KIND'</td> </tr> </table>	DET	DEF	PRED	'KIND'
DET	DEF				
PRED	'KIND'				

Merkmal-Strukturen: Beispiel

- ◇ Die morphologischen Eigenschaften einer Form wie *(den) Kindern* könnte beispielsweise durch folgende Funktion dargestellt werden:

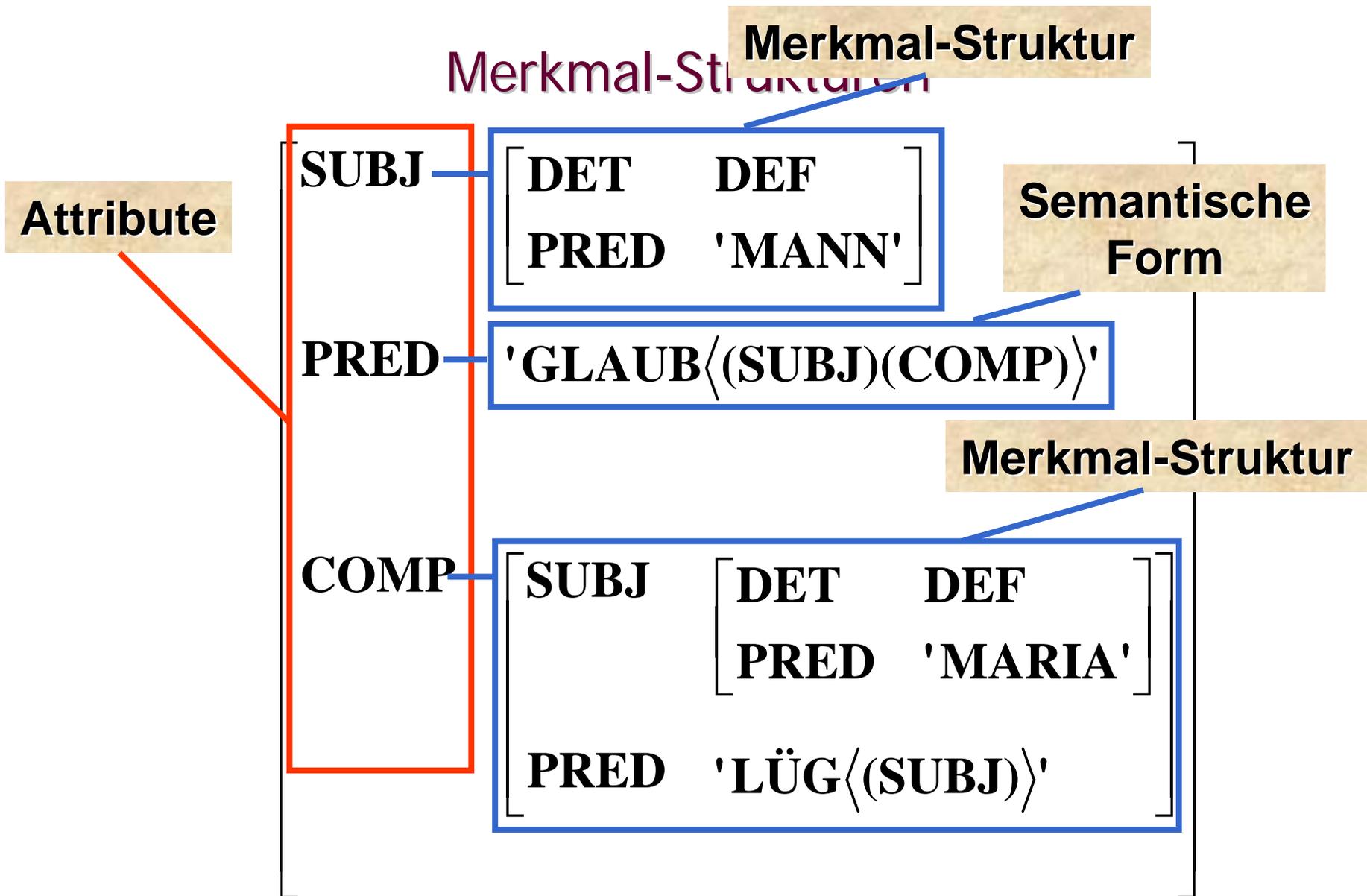
$$f = \begin{bmatrix} \text{Numerus} & \text{Plural} \\ \text{Genus} & \text{Neutrum} \\ \text{Kasus} & \text{Dativ} \end{bmatrix}$$

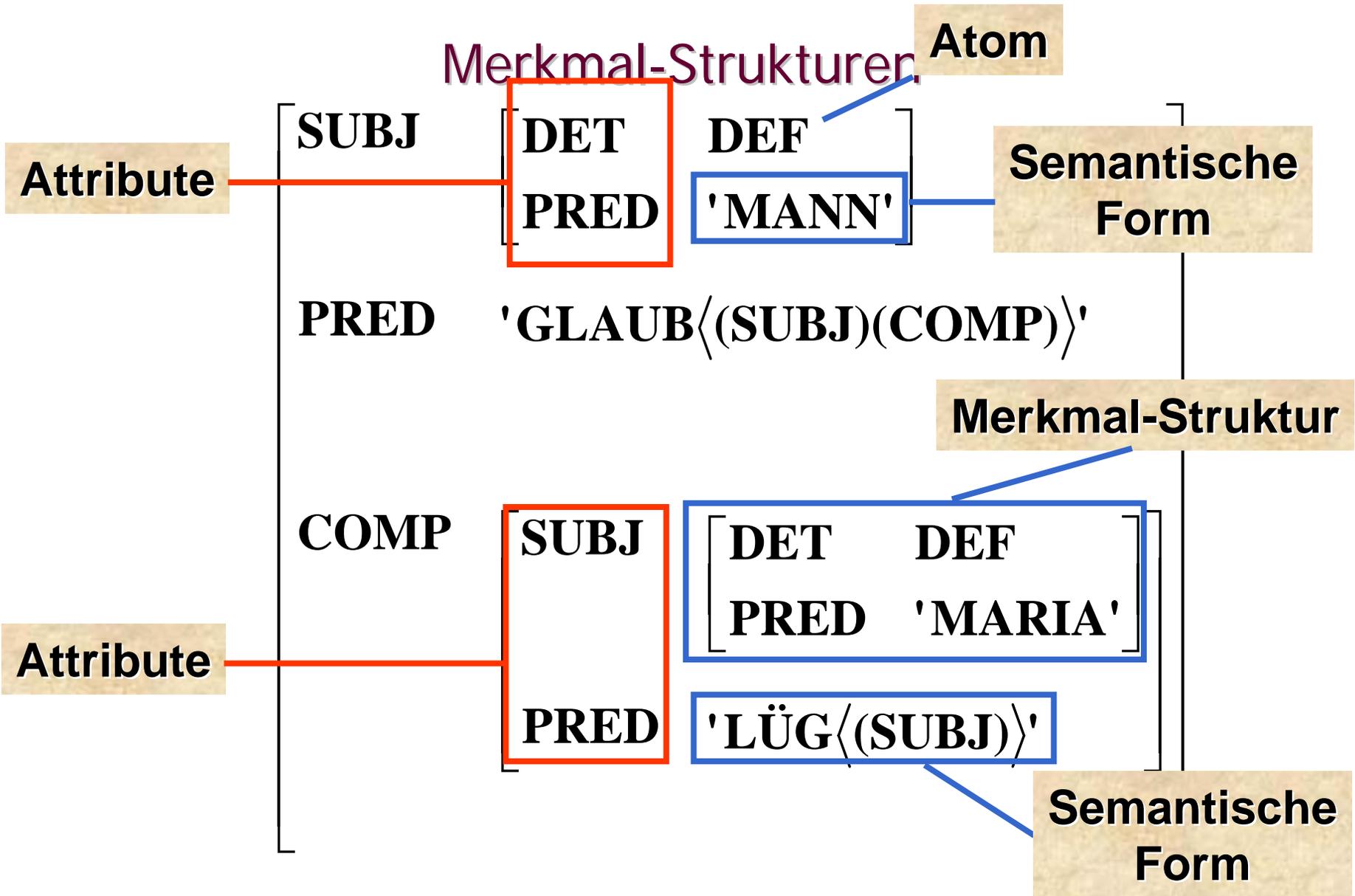
- ◇ Es würde dann gelten $f(\text{Numerus}) = \text{Plural}$,
 $f(\text{Genus}) = \text{Neutrum}$, $f(\text{Kasus}) = \text{Dativ}$

Merkmals-Strukturen: Werttypen

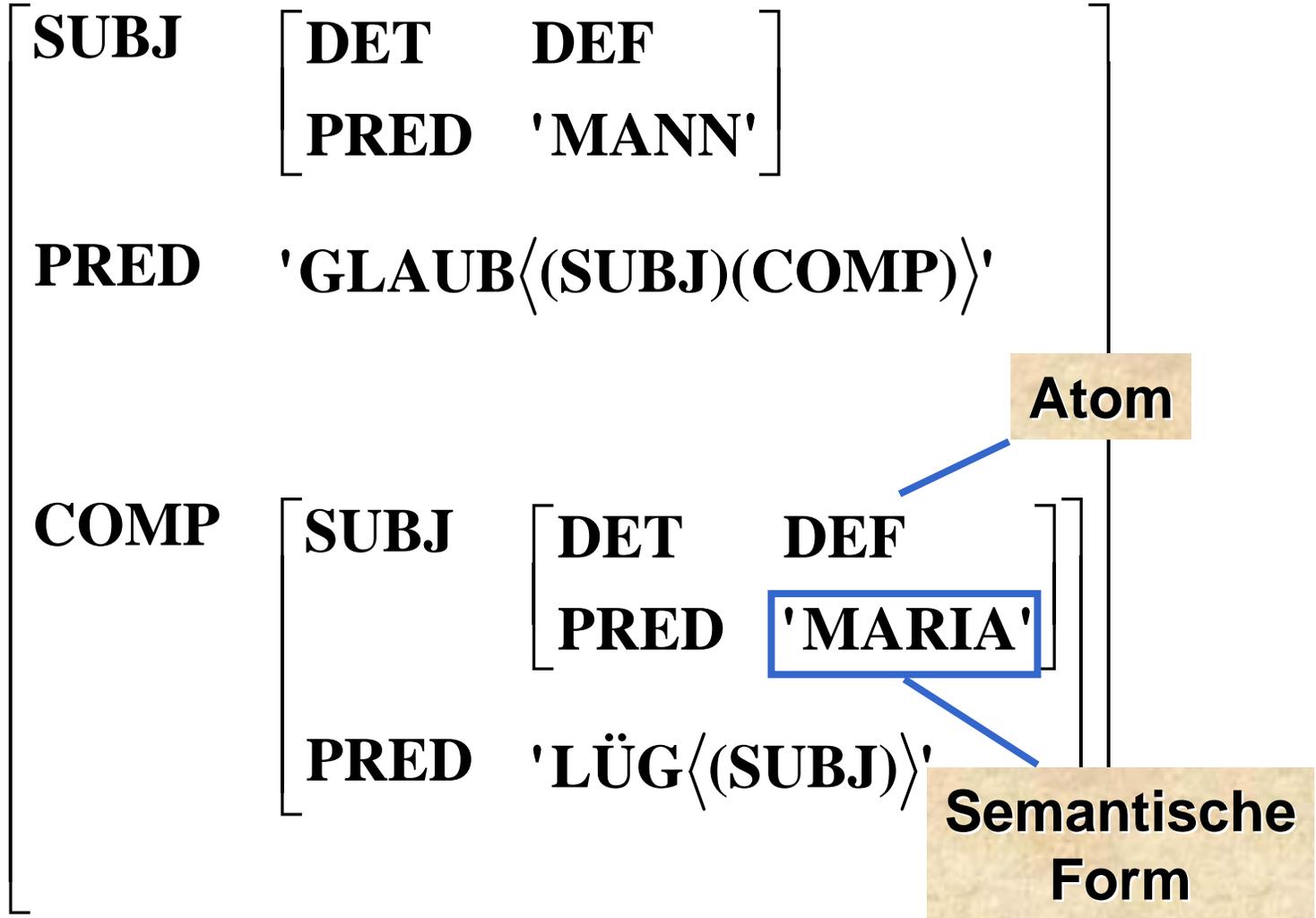
- ◇ Attribute können zwei (LFG:drei) Arten von Werten annehmen:
 - ▶ der Wert kann ein atomares Symbol sein, z.B. Indikativ in dem Merkmal [Modus Indikativ]
 - ▶ In der Lexikalisch-Funktionalen Grammatik (LFG) ist der Wert des Attributs PRED eine **semantische Form**.
 - ▶ der Wert kann selbst eine F-Struktur sein; dies gilt z.B. für die grammatischen Funktionen SUBJ, OBJ, OBJ2 etc.

$$\left[\text{SUBJ} \left[\begin{array}{ll} \text{PRED} & \text{'Mann'} \\ \text{DET} & \text{DEF} \end{array} \right] \right]$$



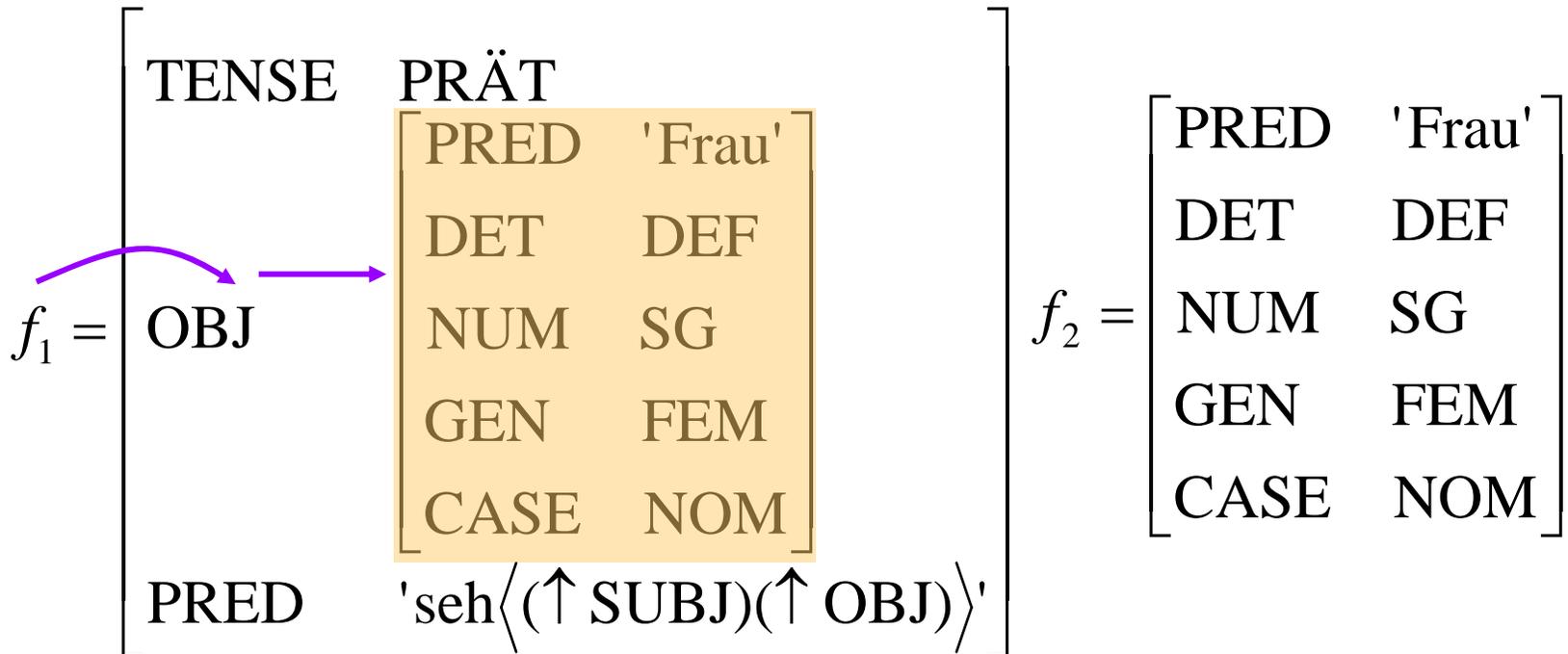


Merkmals-Strukturen



Pfade: Funktionen von Funktionen

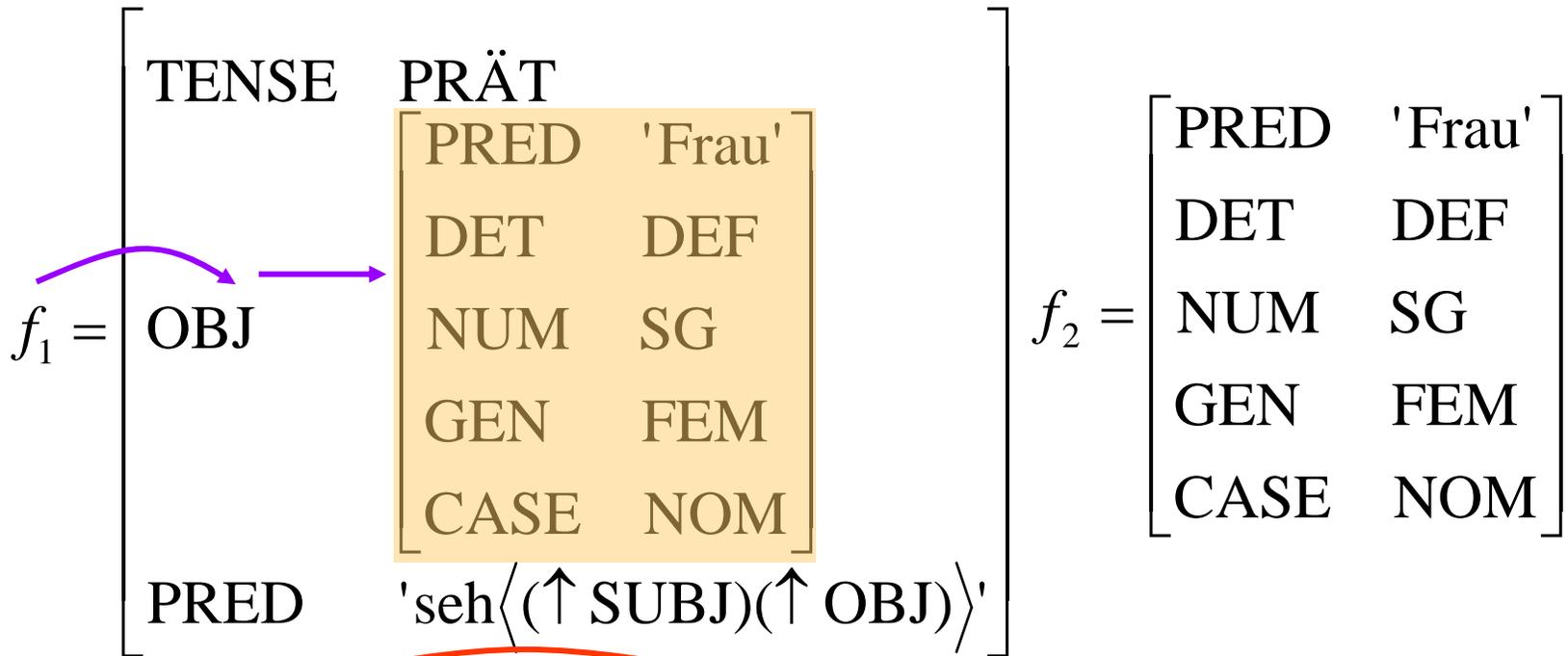
sah die Frau



$f_1(\text{OBJ}) = f_2$
 $f_2(\text{NUM}) = \text{SG}$
 $f_1(\text{OBJ})(\text{NUM}) = \text{SG}$

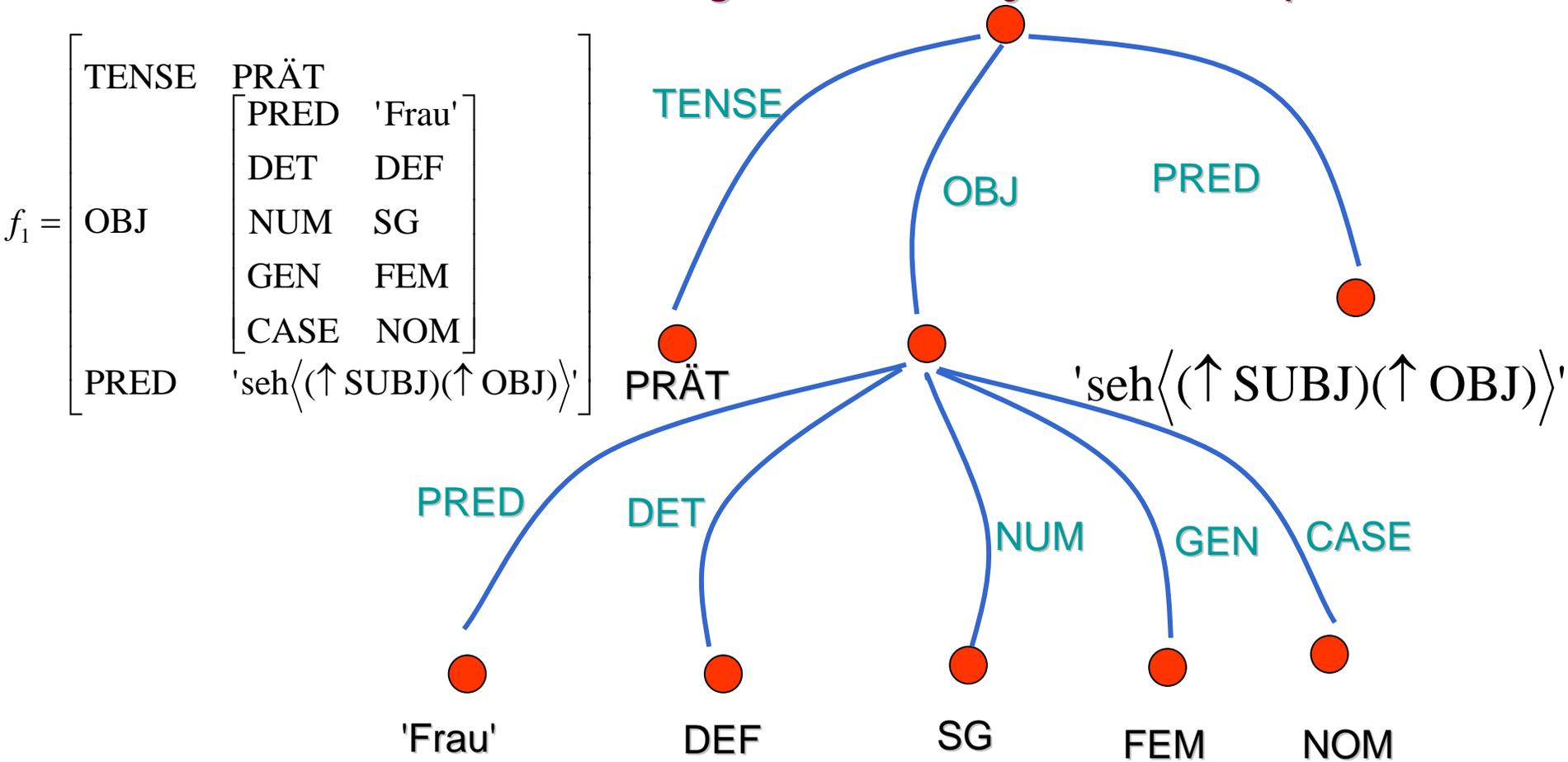
Pfade: Funktionen von Funktionen

sah die Frau

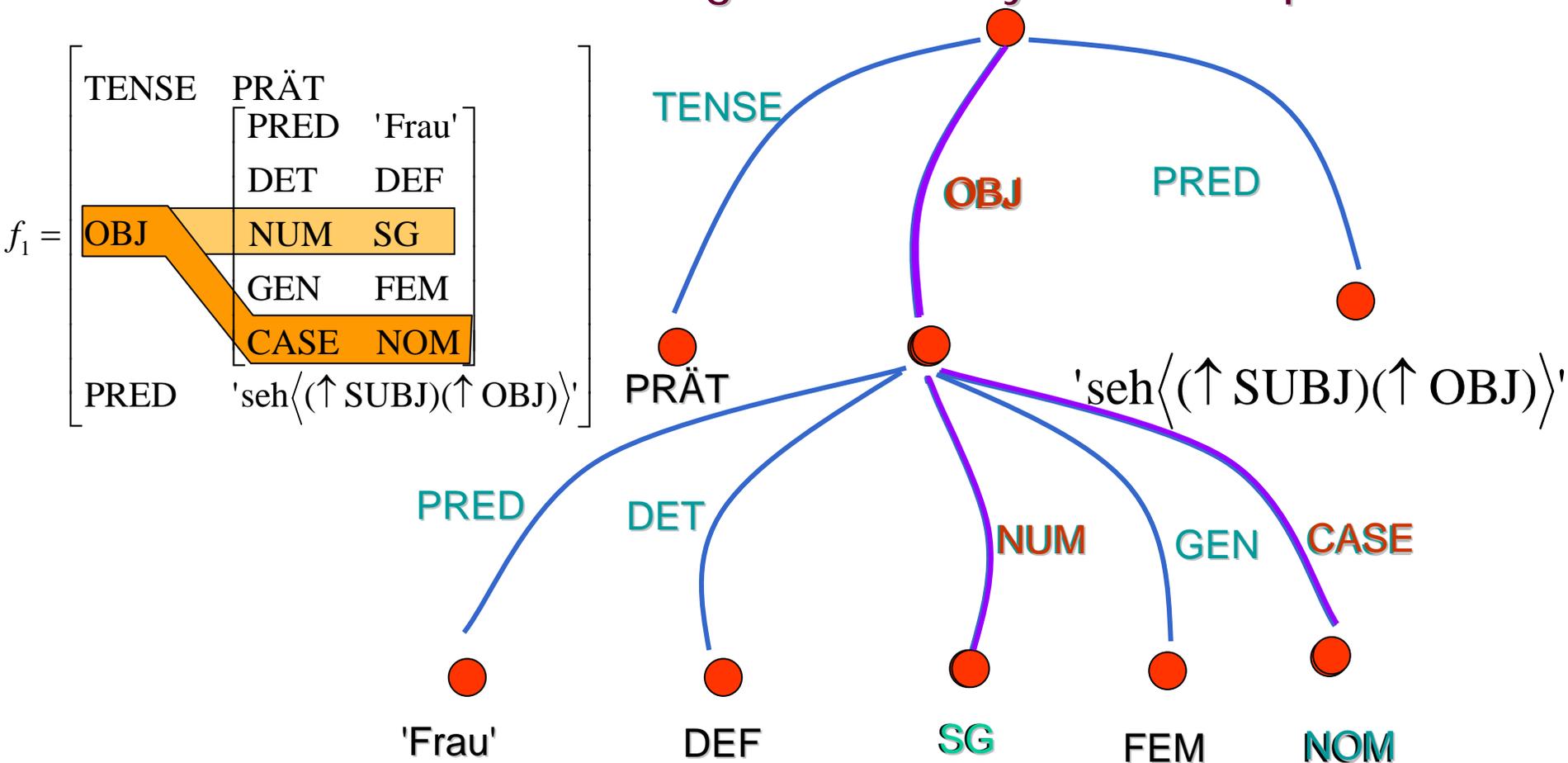


$f_1(\text{OBJ}) = f_2$ $f_2(\text{CASE}) = \text{NOM}$ $f_1(\text{OBJ})(\text{CASE}) = \text{NOM}$

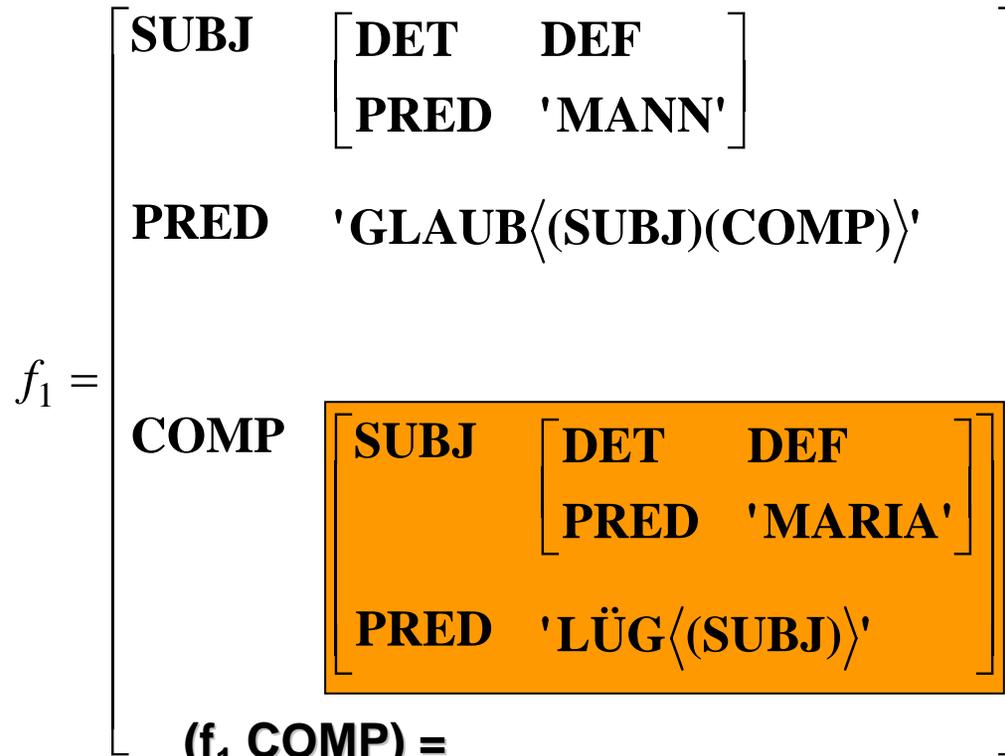
Merkmalestrukturen als gerichtete azyklische Graphen



Merkmalestrukturen als gerichtete azyklische Graphen

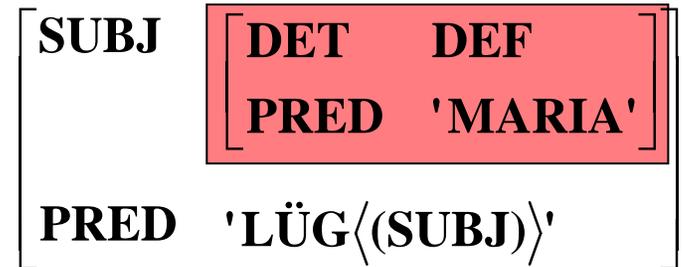


Merkmals-Strukturen: Pfade



$(f_1 \text{ COMP SUBJ}) =$

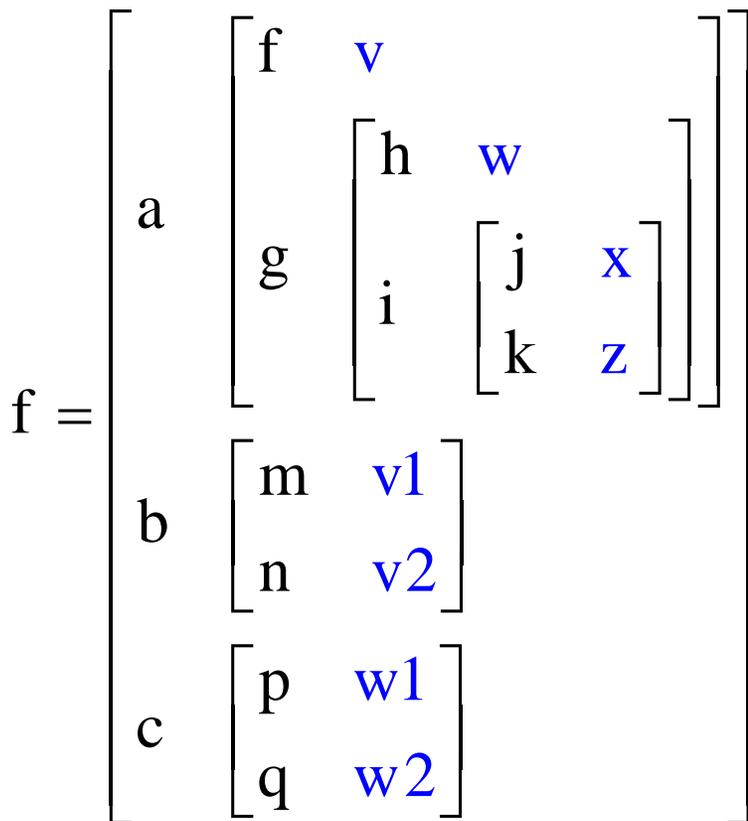
$(f_1 \text{ COMP SUBJ PRED}) = \text{'MARIA'}$



$(f_1 \text{ COMP PRED}) =$

$(f_1 \text{ COMP SUBJ DET}) =$

Merkmals-Strukturen: Pfade



Durch welche Pfade werden die folgenden Werte selektiert?

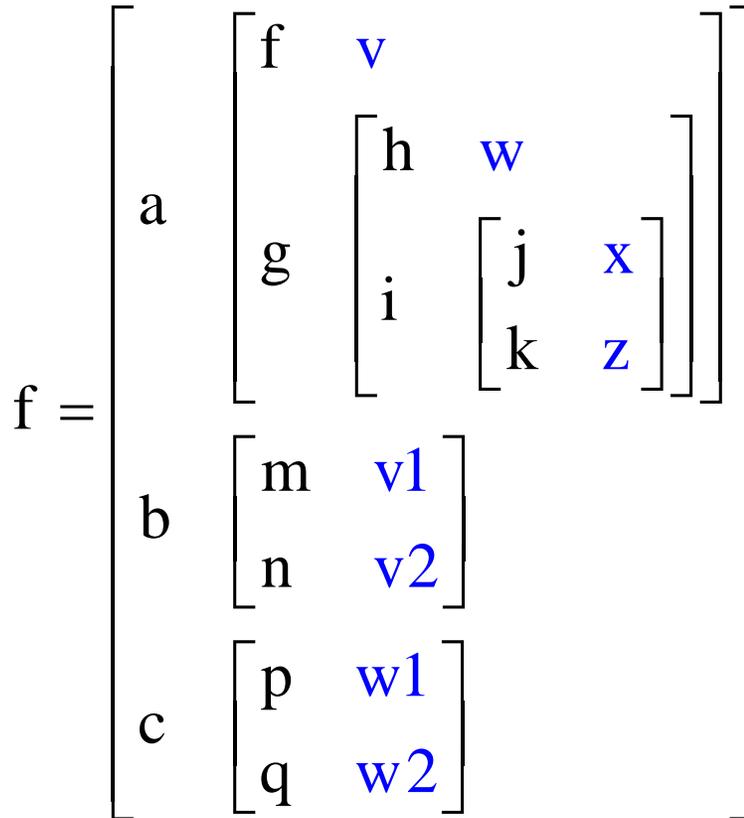
w:

x:

v1:

w2:

Merkmals-Strukturen: Pfade



Welche Werte werden durch die folgenden Pfade selektiert?

(f b):

(f a g i):

(f b n):

(f c p):

(f a i k):

Relationen: Subsumption

- ◇ Eine Merkmal-Struktur f_i subsumiert eine andere Merkmal-Struktur f_j : $f_i \sqsubseteq f_j$, wenn alle Attribut-Wert-Paare in f_i auch in f_j sind, und f_i und f_j keine inkompatiblen Paare enthalten, d.h. die Werte gleicher Attribute müssen gleich sein.

- ◇ sei $f_1 = [\text{NUM SG}]$ und $f_2 =$
dann gilt $f_1 \sqsubseteq f_2$

$$\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$$

sei

$$f_1 = \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$$

und

$$f_2 = \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{PL} \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$$

dann gilt $f_1 \not\sqsubseteq f_2$

Subsumption: Beispiele

- (1) $\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{PERS} & 2 \end{bmatrix}$
- (2) $\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{PERS} & 2 \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$
- (3) $\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{PERS} & 3 \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$
- (4) $\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{PL} \\ \text{PERS} & 3 \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$
- (5) $\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{PL} \\ \text{PERS} & 3 \end{bmatrix}$
- (6) $\begin{bmatrix} \text{DET} & \text{DEF} \\ \text{KAS} & \text{NOM} \\ \text{GEN} & \text{FEM} \end{bmatrix}$

Unifikation von Merkmal-Strukturen

- ◇ Die Unifikation $f_k = f_i \sqcup f_j$ ist die allgemeinste Merkmal-Struktur für die gilt $f_i \sqsubseteq f_k \wedge f_j \sqsubseteq f_k$, d.h. die Struktur, die sowohl f_i als auch f_j subsumiert.
- ◇ Beispiel: sei

$$f_1 = \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$$

und

$$f_2 = \begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{KAS} & \text{AKK} \\ \text{DET} & \text{DEF} \end{bmatrix}$$

dann gilt $f_1 \sqcup f_2 =$

$$\begin{bmatrix} \text{NUM} & \text{SG} \\ \text{KAS} & \text{AKK} \\ \text{DET} & \text{DEF} \\ \text{GEN} & \text{MASK} \end{bmatrix}$$

Unifikation von Merkmal-Strukturen: Beispiel

SUBJ	[]
PRED	'kick' < ((↑ SUBJ)(↑ OBJ)) >
OBJ	[]

SUBJ	[DET DEF NUM SG PRED 'John']
PRED	'kick' < ((↑ SUBJ)(↑ OBJ)) >
OBJ	[DET INDEF NUM SG PRED 'ball']

SUBJ	[DET DEF NUM SG PRED 'John']
OBJ	[DET INDEF NUM SG PRED 'ball']