

Biologische Strukturen und Prozesse.

Ansätze terminologischer Wissensmodellierung

Stefan Schulz

Abteilung Medizinische Informatik
Universitätsklinikum Freiburg

stschulz@uni-freiburg.de

Gliederung des Vortrags

- Bedeutung taxonomischer (*is-a*) und partonomische (*part-of*, *has-part*) Hierarchien in Medizin und Biologie
- Semantik von Partonomien im Gegensatz zu Taxonomien
- Ansatz zur symbolischen Wissensrepräsentation, der partonomisches durch taxonomisches Schließen emuliert

Gliederung des Vortrags

- Bedeutung taxonomischer (*is-a*) und partonomische (*part-of*, *has-part*) Hierarchien in Medizin und Biologie
- Semantik von Partonomien im Gegensatz zu Taxonomien
- Ansatz zur symbolischen Wissensrepräsentation, der partonomisches durch taxonomisches Schließen emuliert

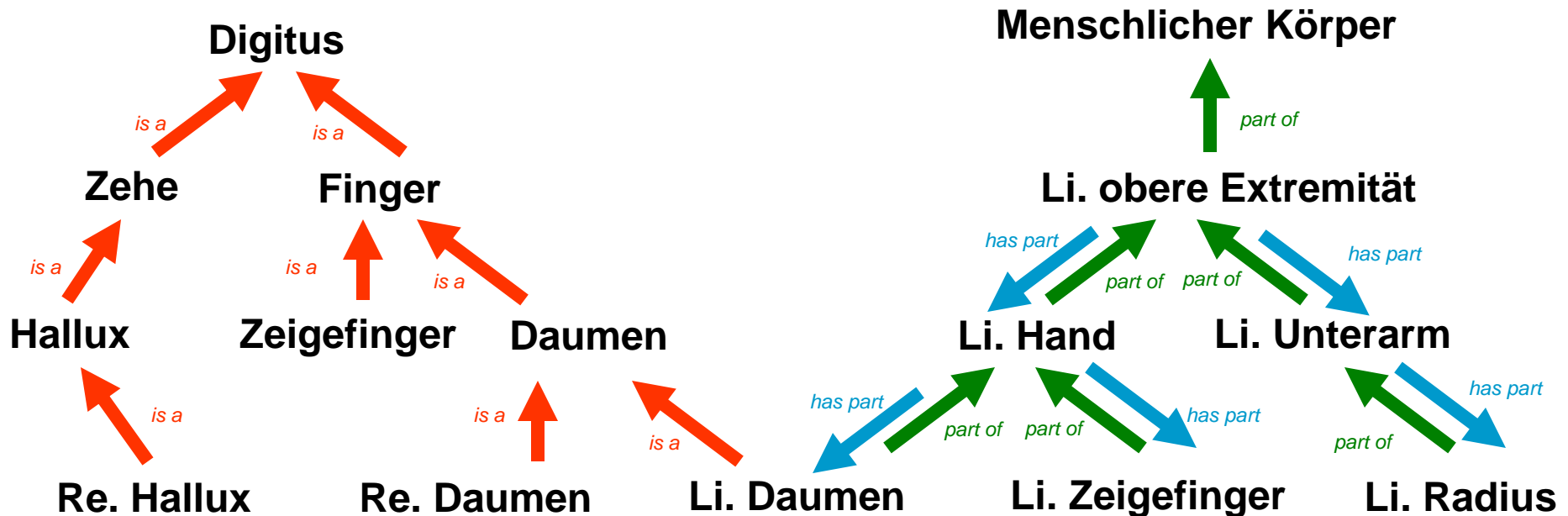
Parallele Hierarchien: Beispiel 1: Anatomie

Taxonomische Ordnung

(*is a*)

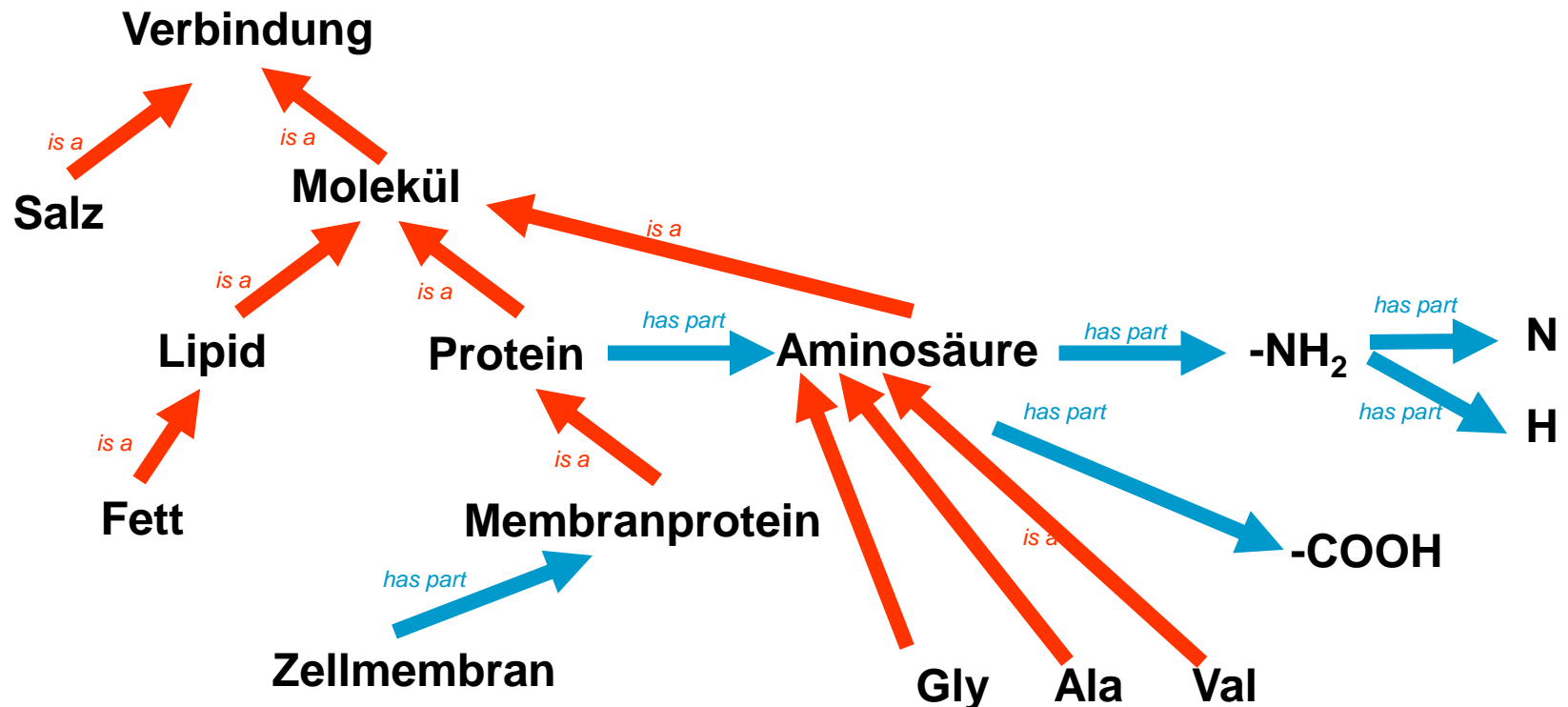
Partonomische Ordnung

(*part of, has part*)



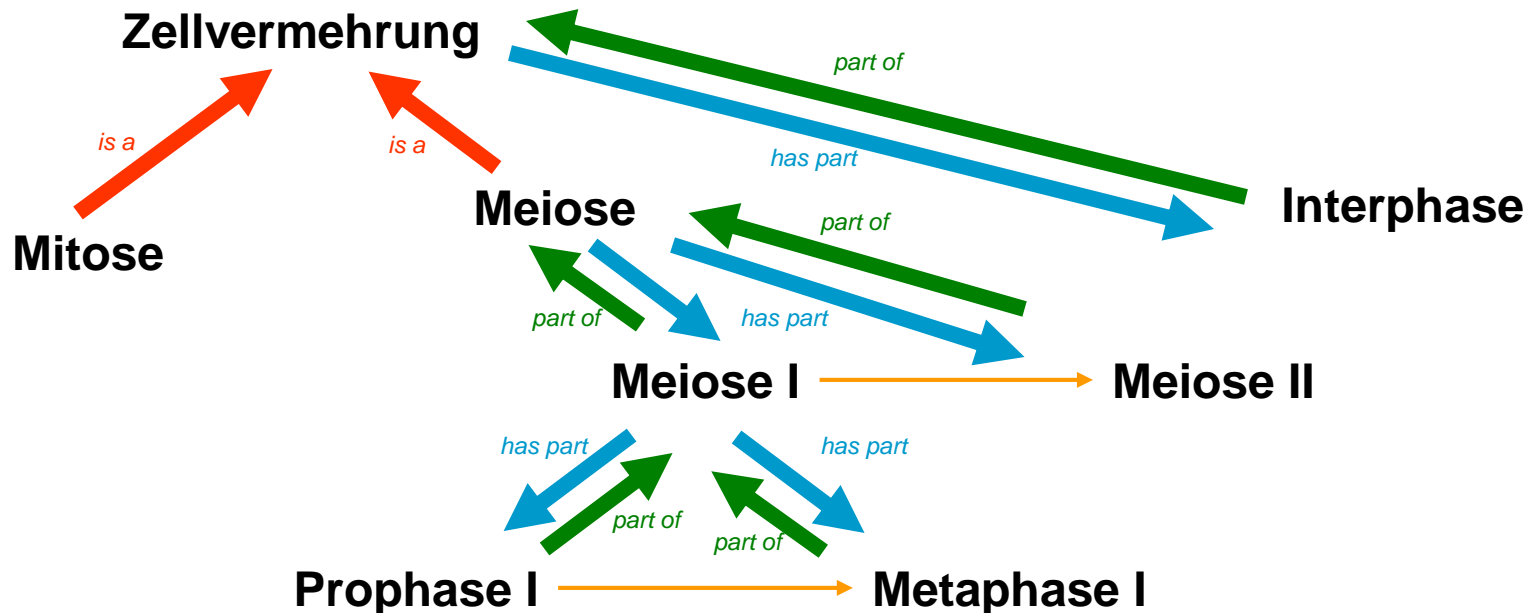
Parallele Hierarchien: Beispiel 2: Biochemie

Taxonomische Ordnung (is a)
Partonomische Ordnung (part of, has part)



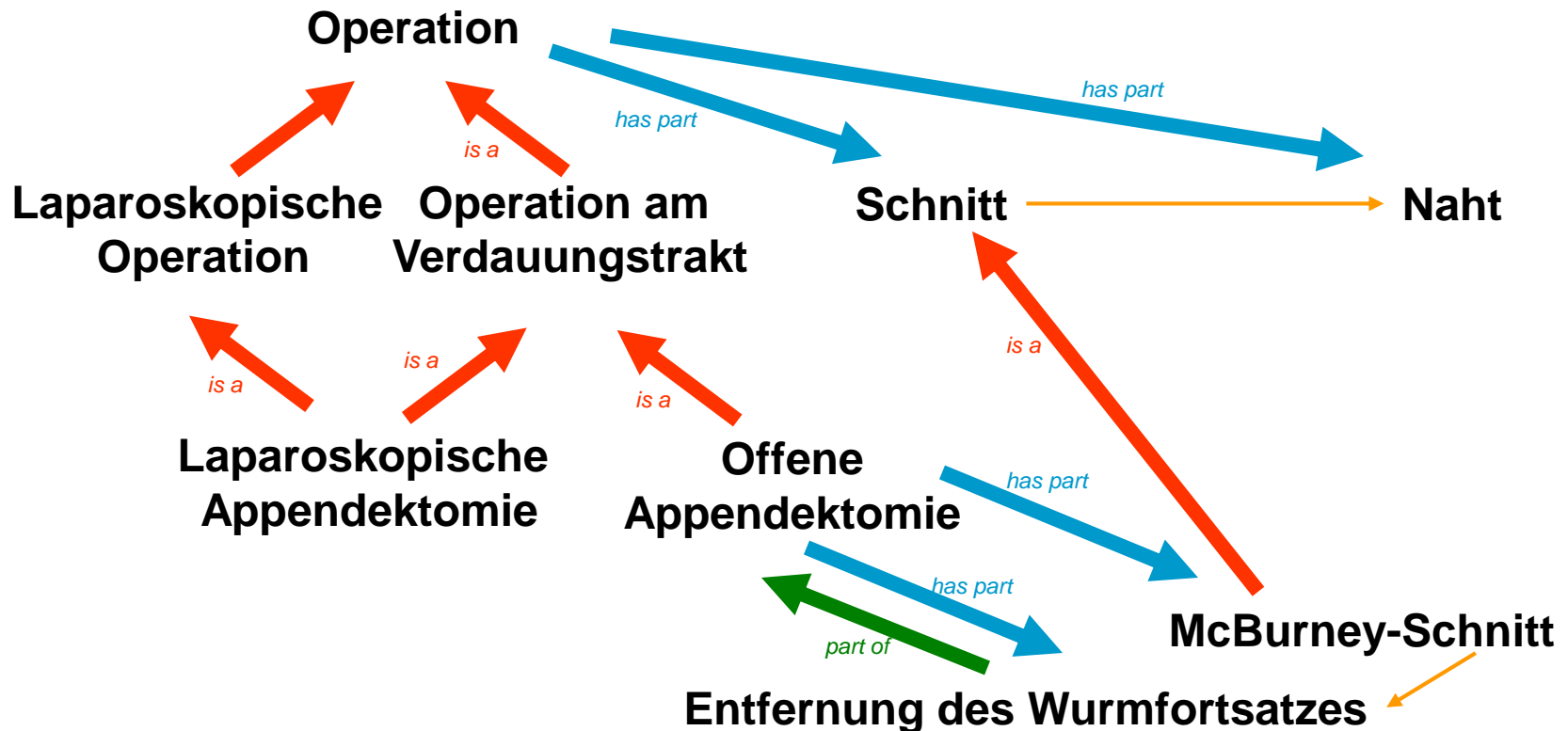
Parallele Hierarchien: Beispiel 3: Events

Taxonomische Ordnung (is a)
Partonomische Ordnung (part of, has part)
Zeitliche Ordnung (follows)



Parallele Hierarchien: Beispiel 3: Aktionen

Taxonomische Ordnung (is a)
Partonomische Ordnung (part of, has part)
Zeitliche Ordnung (follows)



Gemeinsamkeiten

- Partonomien stellen ein wichtiges Ordnungsprinzip für biomedizinische Begrifflichkeiten dar
- *Part-of* und *has-part* beschreiben
 - Gegenständliche Teile (Komponenten) und Ganze (physical parts & wholes)
 - Bestandteile von Substanzen
 - Ereignisse (events) und Subevents
 - Aktionen (actions) und Aktionsphasen

Partonomien in begrifflichen Ordnungssystemen (I)

- ICD: rein taxonomischer Aufbau
- MeSH: Ober/Unterbegriffe ohne Unterscheidung zwischen Taxonomien und Partonomien
- SNOMED CT: „Structure“-Konzepte stehen sowohl Unterbegriffe und deren Teile
- Terminologia Anatomica: keine expliziten hierarchischen Relationen

Partonomien in begrifflichen Ordnungssystemen (II)

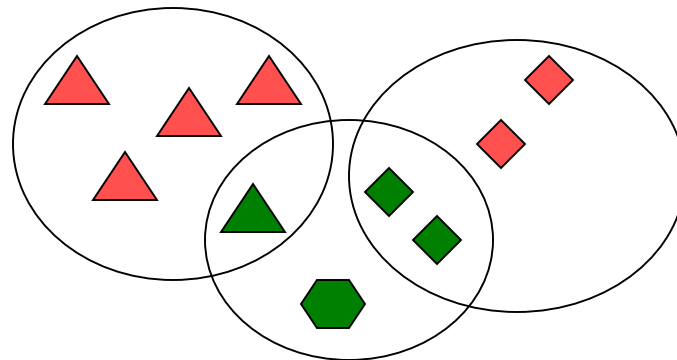
- Digital Anatomist Foundational Model: *part-of* / *has-part* und *is-a* werden strikt unterschieden. Unterrelationen von *part-of* / *has-part*
- GeneOntology: strikte Unterscheidung zwischen *part-of* und *is-a*.
- OpenGalen: strikte Unterscheidung *part-of* und *is-a*. Formales Schließen über *part-of*
- UMLS: im wesentlichen Ober/Unterbegriffshierarchien, *part-of* / *is-a* Unterscheidung bei anatomischen Konzepten (von Digital Anatomist)

Gliederung des Vortrags

- Bedeutung taxonomischer (*is-a*) und partonomische (*part-of*, *has-part*) Hierarchien in Medizin und Biologie
- Semantik von Partonomien im Gegensatz zu Taxonomien
- Ansatz zur symbolischen Wissensrepräsentation, der partonomisches durch taxonomisches Schließen emuliert

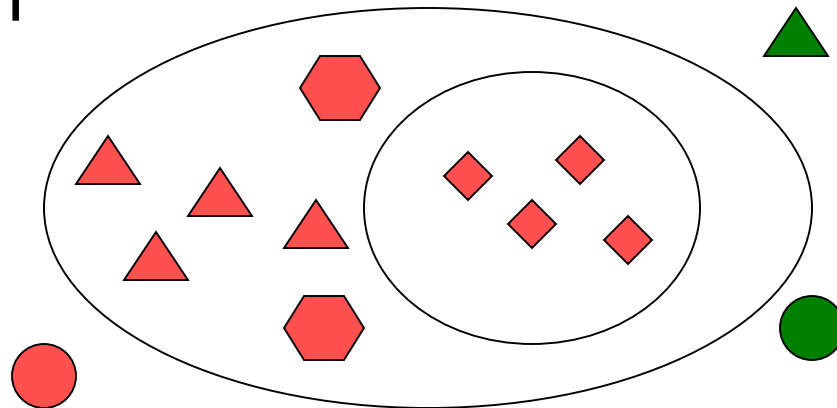
Gemeinsamkeiten taxonomischen Schließens (I)

- Klassen (Konzepte) vs. Instanzen:
 - Instanzen sind konkrete Objekte in der Welt, z.B. *mein linker Daumen, Peters Katze, die Diabeteserkrankung von Herrn M.*
 - Klassen stehen für abstrakte Entitäten, z.B. alle Daumen, alle Katzen, alle Diabeteserkrankungen
 - Die Zuordnung von Individuen zu einer Klasse ist meist abhängig von Eigenschaften der Individuen



Gemeinsamkeiten taxonomischen Schließens (II)

- Subsumption und Vererbung:
 - Eine Klasse C_1 subsumiert eine andere Klasse C_2 wenn alle Instanzen von C_2 auch Instanzen von C_1 sind. Beispiel: Alle Adler sind Vögel
 - Alle Eigenschaften von C_1 vererben sich auf C_2 . Beispiel: Vögel haben Federn \rightarrow Adler haben Federn



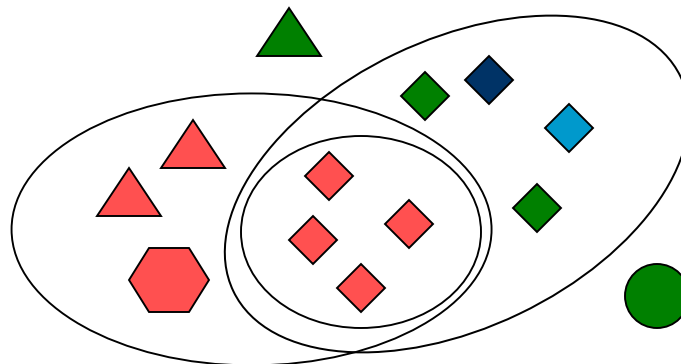
Gemeinsamkeiten taxonomischen Schließens (III)

■ Multiple Vererbung:

- Klasse C_3 wird subsumiert von C_1 und C_2 . Sie erbt die Eigenschaften von beiden

■ Beispiele:

- Katzen sind sowohl Säugetiere als auch Fleischfresser
- Lungentuberkulose ist sowohl eine Infektionskrankheit als auch eine Lungenerkrankung



Gemeinsamkeiten taxonomischen Schließens (IV)

- Transitivität :
 - C_1 subsumiert C_2 , und C_2 subsumiert $C_3 \rightarrow C_1$ subsumiert C_3
Beispiel: Lymphozyt **is a** Leukozyt **is a** Zelle \rightarrow Lymphozyt **is a** Zelle
- Rollen:
 - Attribute, die auf andere Konzepte, sog. („Rollenfüller“) verweisen, z.B.
∃has-location Leber ist eine Rolle in der Definition von *Lebererkrankung*, und wird daher von allen Unterbegriffen, z.B. *Hepatitis*, *Hepatitis A* etc. ererbt

Gemeinsamkeiten partonomischen Schließens (I)

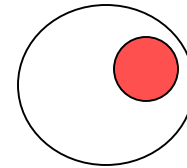
- Gegenstand sind Individuen, nicht abstrakte Entitäten (Konzepte)
- *Part-of* im weitesten Sinn ist
 - transitiv: $I_1 \text{ part-of } I_2, I_2 \text{ part-of } I_3 \rightarrow I_1 \text{ part-of } I_3$
 - reflexiv: $I_1 \text{ part-of } I_2 \rightarrow I_2 \text{ part-of } I_1$
- Unterrelationen von *part-of*
 - nichtreflexiv: *proper-part-of* (landläufige Bedeutung von *part-of*)
 - nichttransitiv: *part-of* Unterrelationen (z.B. *member-of, segment-of, layer-of*)

Gemeinsamkeiten partonomischen Schließens (II)

- Inverse Relation: *has-part*

I_1 *part-of* $I_2 \leftrightarrow I_2$ *has-part* I_1

MyBrain part-of MyHead \leftrightarrow *MyHead has-part MyBrain*

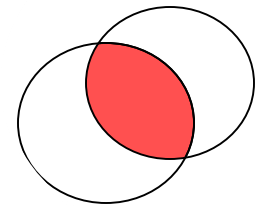


- Overlap: I_1 *part-of* I_2 , I_1 *part-of* $I_3 \rightarrow$

I_2 *overlaps* I_3

MyBrain part-of MyHead, *MyBrain part-of MyCNS* \rightarrow

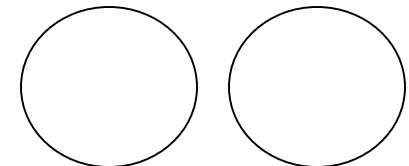
MyHead overlaps MyCNS



- Disconnected: I_1 *disconnected* I_2 falls keine gemeinsamen Teile

MyHead disconnected MyFoot, but also

MyHead disconnected X's Brain

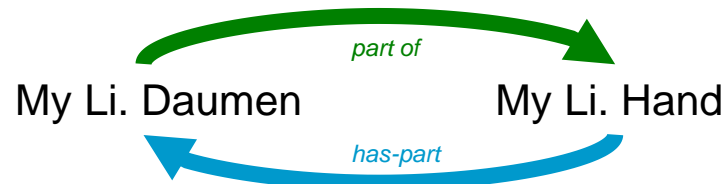


Taxonomien (*is-a*) vs. Partonomien (*part-of*, *has-part*)

- Hauptunterschiede:
 - Die Relation *is-a* besteht zwischen Konzepten (Klassen von Individuen)
 - *Part-of* und *has-part* bestehen zwischen Individuen (*Konzepte haben keine Teile !*)
- Wie ist daher *part-of* oder *has-part* in Konzeptsystemen zu verwenden?
 - Semantische Verfeinerung erforderlich !

Partonomische Relationen zwischen Individuen und Konzepten

- zwischen Individuen:



$\forall(x,y): x \text{ part-of } y \Leftrightarrow y \text{ has-part } x$

- zwischen Konzepten:

UMLS

CUI1	RELA	CUI2
HEART	has_part	MITRAL-VALVE
MITRAL-VALVE	part_of	HEART
HEART	has_part	HEART-SEPTUM
HEART-SEPTUM	part_of	HEART
HEART	has_part	MYOCARDIUM
MYOCARDIUM	part_of	HEART
HEART	has_part	CAVITY-OF-HEART

„Heart *has-part* Mitral Valve“

- mögliche Bedeutungen:

- $\exists x, y: \text{Heart}(x) \wedge \text{Mitral-Valve}(y) \wedge x \text{ *has-part* } y$

“ein Herz kann eine Mitralklappe haben”

- $\forall x: \exists y: \text{Heart}(x) \wedge \text{Mitral-Valve}(y) \wedge x \text{ *has-part* } y$

“Jedes Herz hat eine Mitralklappe”

- $\forall x: \exists y: x \text{ *has-part* } y \Leftrightarrow \forall y: \exists x: y \text{ *part-of* } x$

“Wenn jedes Herz eine Mitralklappe hat, dann ist auch jede Mitralklappe Teil eines Herzens”

Semantik für Partonomien in Konzeptsystemen (I)

hnw

- A *has-necessary-whole* B : Alle Instanzen eines Konzepts A sind über *part-of* mit einer Instanz von B relationiert (*notwendige Bedingung*)

$A \sqsubseteq \{part-of\}.B$

hnp

- B *has-necessary-part* A : Alle Instanzen eines Konzepts B sind über *has-part* mit einer Instanz von A relationiert (*notwendige Bedingung*)

$B \sqsubseteq \{has-part\}.A$

- Aus A *has-necessary-whole* B folgt nicht zwangsläufig B *has-necessary-part* A

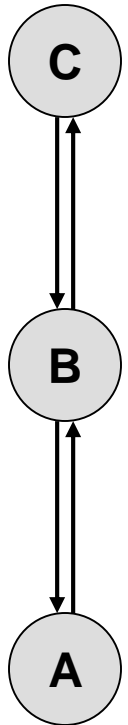
Semantik für Partonomien in Konzeptsystemen (II)

hpw

- *A has-possible-whole B*: Instanzen von *A* und *B* sind in der Extension der Relation *part-of*
- *B has-possible-part A*: Instanzen von *A* und *B* sind in der Extension der Relation *has-part*.
- Aus *A has-necessary-whole B* folgt *A has-possible-whole B*
B has-possible-part A
- Aus *B has-necessary-part A* folgt *B has-possible-part A*
A has-possible-whole B
- Aus *A has-possible-whole B* folgt *B has-possible-part A*
- Aus *B has-possible-part A* folgt *A has-possible-whole B*
- *A disconnected from B*: nichts kann Teil sein von sowohl einer Instanz von *A* als auch von *B*

Annahmen für Teil/Ganzes-Kombinationen

	A <i>hnw</i> B	B <i>hnp</i> A	<i>pw</i> (A,B)	<i>dc</i> (A,B)
B <i>hnw</i> C	A <i>hnw</i> C	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)
C <i>hnp</i> B	<i>pw</i> (A,C)	C <i>hnp</i> A	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)
<i>pw</i> (B,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)
<i>dc</i> (B,C)	<i>dc</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)



hnw = has necessary whole
hnp = has necessary part

hpw = has possible whole
hpp = has possible part

} *pw* = relationierbar
 durch has-part oder
 part-of

dc = disconnected (kann keine gemeinsamen Teile haben)

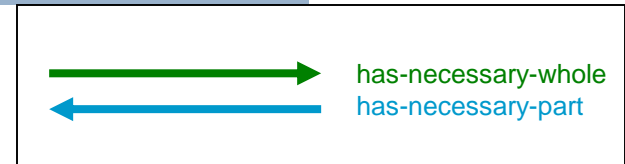
Beispiele für *part-of* / *has-part* Asymmetrie

- Jeder *Daumen* ist Teil einer *Hand*, aber nicht jede *Hand* hat einen *Daumen*
- Jede *Milz* hat *Lymphfollikel*, aber nicht alle *Lymphfollikel* sind Teil einer *Milz*
- Jeder *Zellkern* ist Teil einer *Zelle* aber nicht jede *Zelle* hat einen *Zellkern*
- Jede *Aminosäure* hat eine $-NH_2$ - *Gruppe*, aber nicht jede $-NH_2$ *Gruppe* ist Teil einer *Aminosäure*
- Jede *Meiose* hat eine *Prophase*, aber nicht jede *Prophase* gehört zu einer *Meiose*
- Jede *Defibrillierung* ist Teil einer *Reanimation*, aber nicht bei jeder *Reanimation* wird eine *Defibrillierung* durchgeführt

Gründe für *part-of* / *has-part* Asymmetrie

■ Anatomische Variante

Lobus V.azygos  Lunge



■ Missbildungen

Mitralklappe  Herz


■ Massenkonzepte

Bindegewebe  Leber

■ Pathologische Anatomie

Glioblastom  Gehirn

■ Multiple Objekte

Becherzelle  Magen-
schleim-
haut

■ „Iatrogene Anatomie“

Appendix  Darm

■ Unspezifische Subevents

Naht  Append-
ektomie

■ Chemische Verbindungen

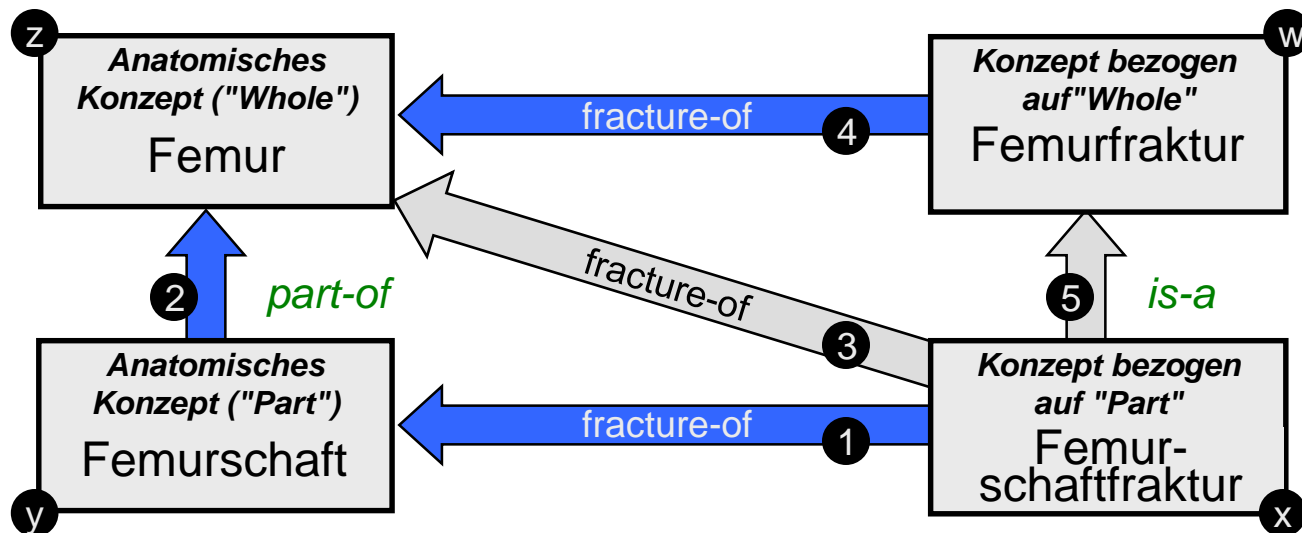
Aminogruppe  Aminosäure

Rollenpropagierung und Konzeptspezialisierung

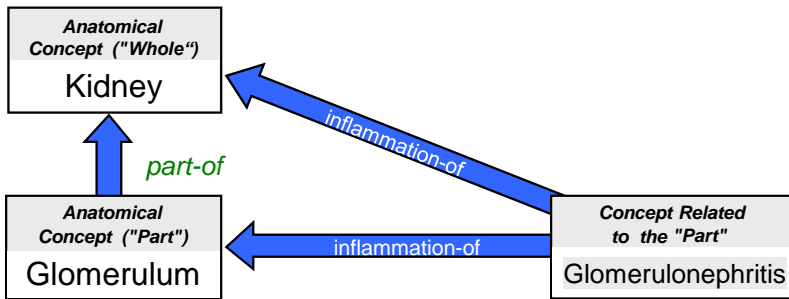
R sei eine beliebige Relation

Rollenpropagierung: $y \sqsubseteq \exists \textit{part-of}.z \wedge x \sqsubseteq \exists R.y \Rightarrow x \sqsubseteq \exists R.z$

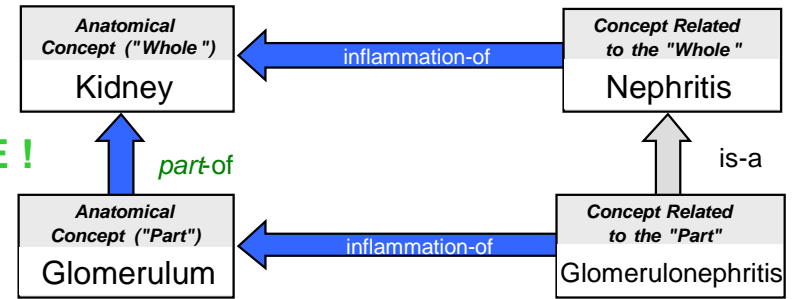
Konzeptspezialisierung: $y \sqsubseteq \exists \textit{part-of}.z \wedge w \sqsubseteq \exists R.z \wedge x \sqsubseteq \exists R.y \Rightarrow x \sqsubseteq w$



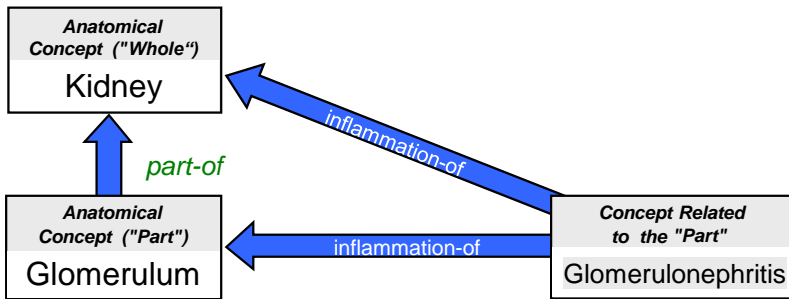
Anomalien



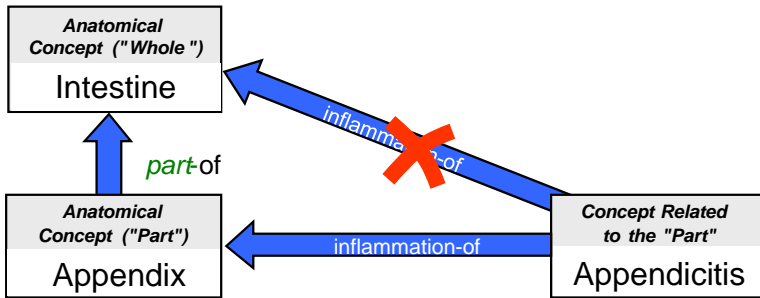
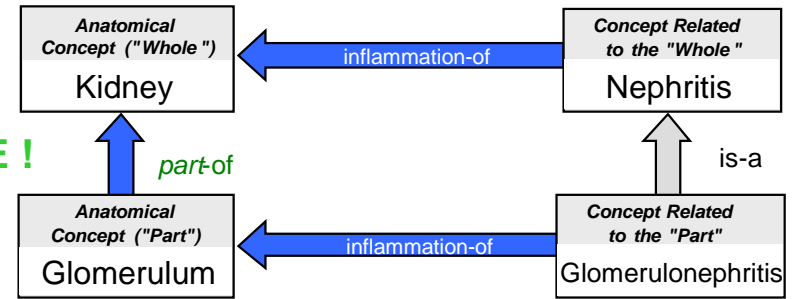
TRUE !



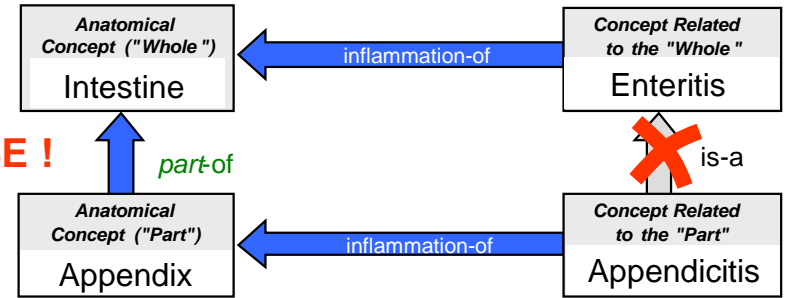
Anomalien



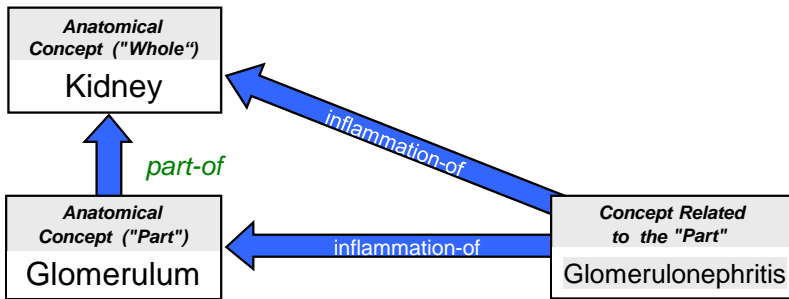
TRUE !



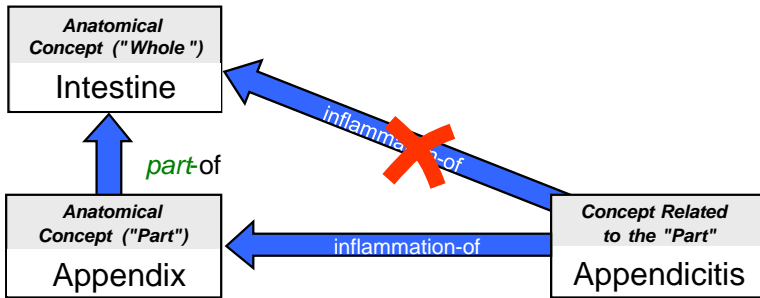
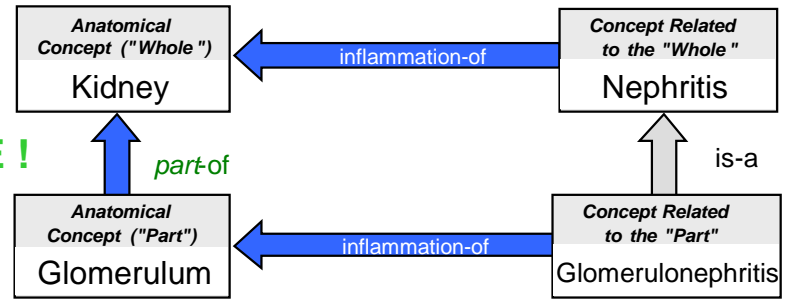
FALSE !



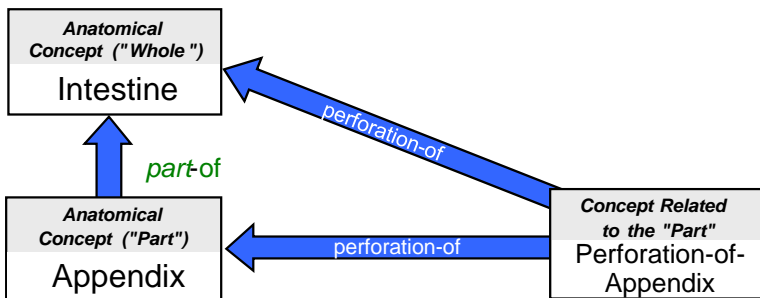
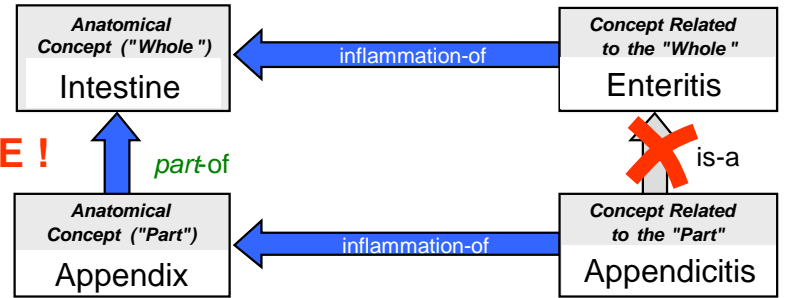
Anomalien



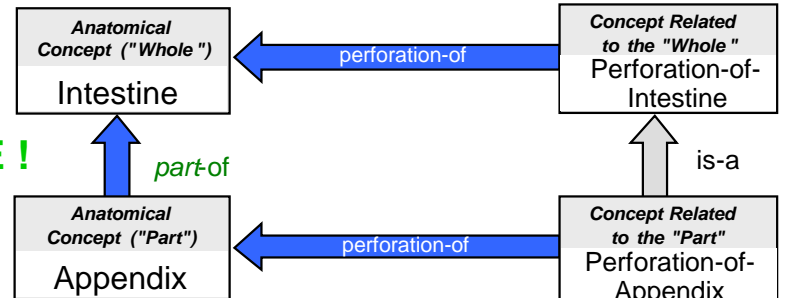
TRUE !



FALSE !



TRUE !



Andere Beispiele

insulin synthetase *produce* insulin

beta cells *has-part* insulin synthetase

→ beta cells *produce* insulin

Langerhans islets *has-part* beta cells

→ Langerhans islets *produce* insulin

pancreas *has-part* Langerhans islets

→ pancreas *produce* insulin

Andere Beispiele

insulin synthetase *produce* insulin
beta cells *has-part* insulin synthetase
→ beta cells *produce* insulin
Langerhans islets *has-part* beta cells
→ Langerhans islets *produce* insulin
pancreas *has-part* Langerhans islets
→ pancreas *produce* insulin

~~amputation of toe *has-target* toe~~
~~toe *part-of* foot~~
~~→ amputation of toe *has-target* foot~~
~~foot *part-of* leg~~
~~→ amputation of toe *has-target* leg~~

Andere Beispiele

insulin synthetase *produce* insulin
beta cells *has-part* insulin synthetase
→ beta cells *produce* insulin
Langerhans islets *has-part* beta cells
→ Langerhans islets *produce* insulin
pancreas *has-part* Langerhans islets
→ pancreas *produce* insulin

~~amputation of toe *has-target* toe~~
~~toe *part-of* foot~~
~~→ amputation of toe *has-target* foot~~
~~foot *part-of* leg~~
~~→ amputation of toe *has-target* leg~~

amputation of toe *has-location* toe
toe *part-of* foot
→ amputation of toe *has-location* foot

Andere Beispiele

insulin synthetase *produce* insulin
beta cells *has-part* insulin synthetase
→ beta cells *produce* insulin
Langerhans islets *has-part* beta cells
→ Langerhans islets *produce* insulin
pancreas *has-part* Langerhans islets
→ pancreas *produce* insulin

Backbone Fracture *fracture-of* Backbone
Vertebral Fracture *fracture-of* Vertebra
Vertebra *part-of* Backbone
→ Vertebral Fracture *fracture-of* Backbone

~~amputation of toe *has-target* toe
toe *part-of* foot
→ amputation of toe *has-target* foot
foot *part-of* leg
→ amputation of toe *has-target* leg~~

amputation of toe *has-location* toe
toe *part-of* foot
→ amputation of toe *has-location* foot

Andere Beispiele

insulin synthetase *produce* insulin
beta cells *has-part* insulin synthetase
→ beta cells *produce* insulin
Langerhans islets *has-part* beta cells
→ Langerhans islets *produce* insulin
pancreas *has-part* Langerhans islets
→ pancreas *produce* insulin

~~amputation of toe *has-target* toe~~
~~toe *part-of* foot~~
~~→ amputation of toe *has-target* foot~~
~~foot *part-of* leg~~
~~→ amputation of toe *has-target* leg~~

amputation of toe *has-location* toe
toe *part-of* foot
→ amputation of toe *has-location* foot

Backbone Fracture *fracture-of* Backbone
Vertebral Fracture *fracture-of* Vertebra
Vertebra *part-of* Backbone
→ Vertebral Fracture *fracture-of* Backbone

~~Spinous Process Fracture *fracture-of* Vertebra~~
~~Backbone Fracture *fracture-of* Backbone~~
~~Spinous Process *part-of* Vertebra~~
~~Vertebra *part-of* Backbone~~
~~→ Spinous Process Fracture *fracture-of* Backbone~~

Andere Beispiele

insulin synthetase *produce* insulin
beta cells *has-part* insulin synthetase

→ beta cells *produce* insulin
Langerhans islets *has-part* beta cells

→ Langerhans islets *produce* insulin
pancreas *has-part* Langerhans islets

→ pancreas *produce* insulin

~~amputation of toe *has-target* toe
toe *part-of* foot

→ amputation of toe *has-target* foot
foot *part-of* leg

→ amputation of toe *has-target* leg~~

amputation of toe *has-location* toe
toe *part-of* foot

→ amputation of toe *has-location* foot

Backbone Fracture *fracture-of* Backbone
Vertebral Fracture *fracture-of* Vertebra
Vertebra *part-of* Backbone

→ Vertebral Fracture *fracture-of* Backbone

~~Spinous Process Fracture *fracture-of* Vertebra
Backbone Fracture *fracture-of* Backbone
Spinous Process *part-of* Vertebra
Vertebra *part-of* Backbone

→ Spinous Process Fracture *fracture-of* Backbone~~

Pancreatectomy *removal-of* Pancreas
Pancreas *has-part* Beta Cells

→ Pancreatectomy *removal-of* Beta Cells

Analyse von Schlussmustern

- „Abwärtspropagierung“: „*removal-of*“, „*loss-of*“, „*death-of*“
- „Aufwärtspropagierung“: „*has-location*“
- Keine Rollenpropagierung: „*has-target*“
- Unsicheres Verhalten: „*function-of*“, „*inflammation-of*“, „*fracture-of*“, „*excision-of*“

Wichtig: eine Generalisierung der Verhaltens der Rollenpropagation ist oft nicht möglich

Gliederung des Vortrags

- Bedeutung taxonomischer (*is-a*) und partonomische (*part-of*, *has-part*) Hierarchien in Medizin und Biologie
- Semantik von Partonomien im Gegensatz zu Taxonomien
- Ansatz zur symbolischen Wissensrepräsentation, der partonomisches durch taxonomisches Schließen emuliert

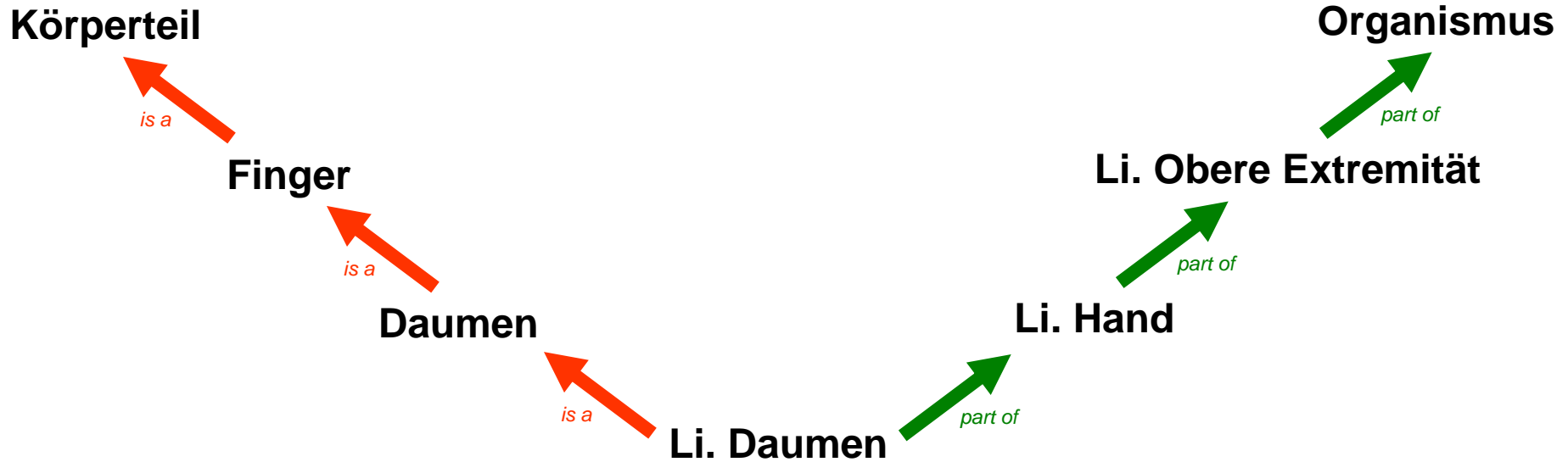
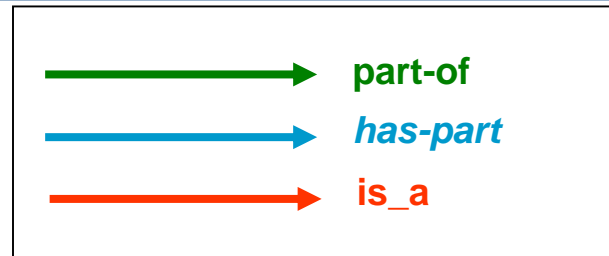
Anforderungen an ein formales Modell

- Ermittle alle notwendigen Teile (der notwendigen Teile)* eines Konzepts
 - Blut *has-part* Erythrozyten
Erythrozyten *has-part* Erythrozyt
Erythrozyt *has-part* Hämoglobin
Blut *has-part* Hämoglobin
- Ermittle alle notwendigen Ganze (aller notwendigen Ganzen)* eines Konzepts
 - Nucleolus *part-of* Zellkern
Zell *part-of* Eukaryotische Zelle
Nucleolus *part-of* Eukaryotische Zelle
- Steuerung des Propagationsverhaltens
 - Gasaustausch *function-of* Alveolus Mitose *function-of* Eukaryotische Zelle
Alveoli *has-part* Alveolus Tierischer Organismus *has-part* Eukaryotische Zelle
Lunge *has-part* Alveoli Mitosis *function-of* Tierischer Organismus ???
Gasaustausch *function-of* Lunge

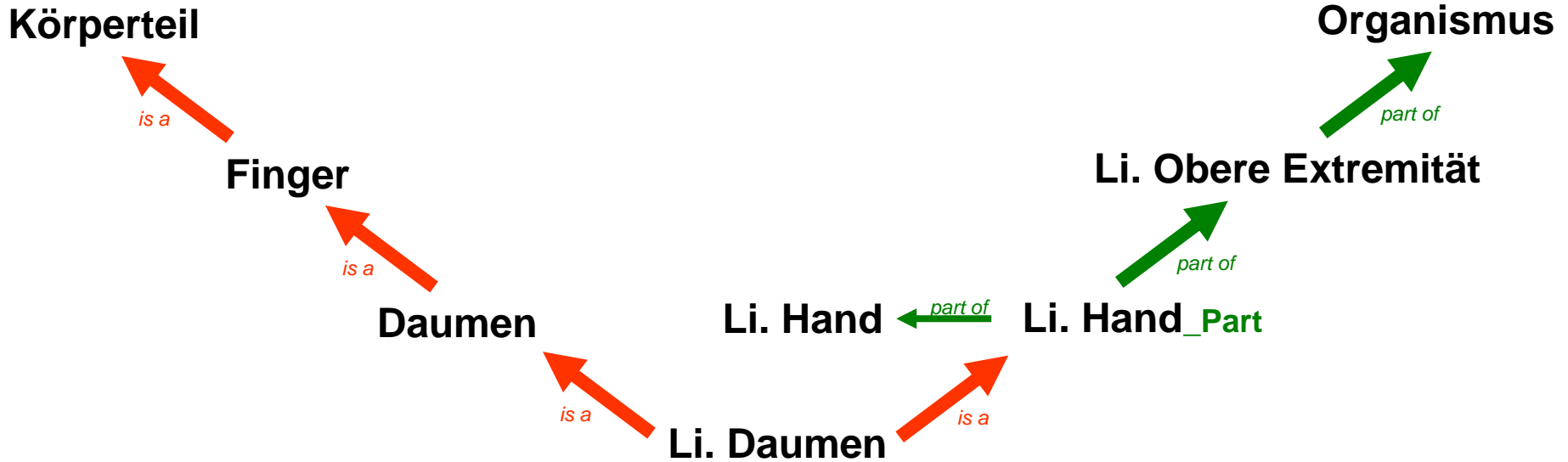
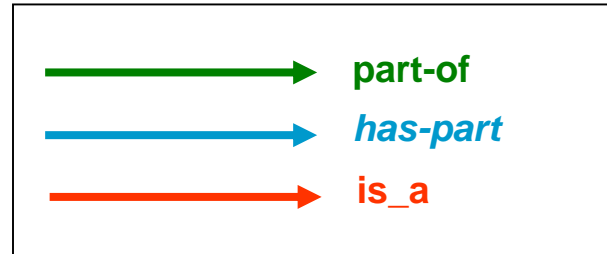
Lösungsvorschlag

- Einführung von „Reifikatorkonzepten“ für jedes Konzept und jede partonomische Rolle
- Partonomisches Schließen via taxonomische Subsumption
- Beschreibungslogik (*description logics*):
Konzeptsubsumption, Existentielle Quantifizierung, Konjunktion (UND)

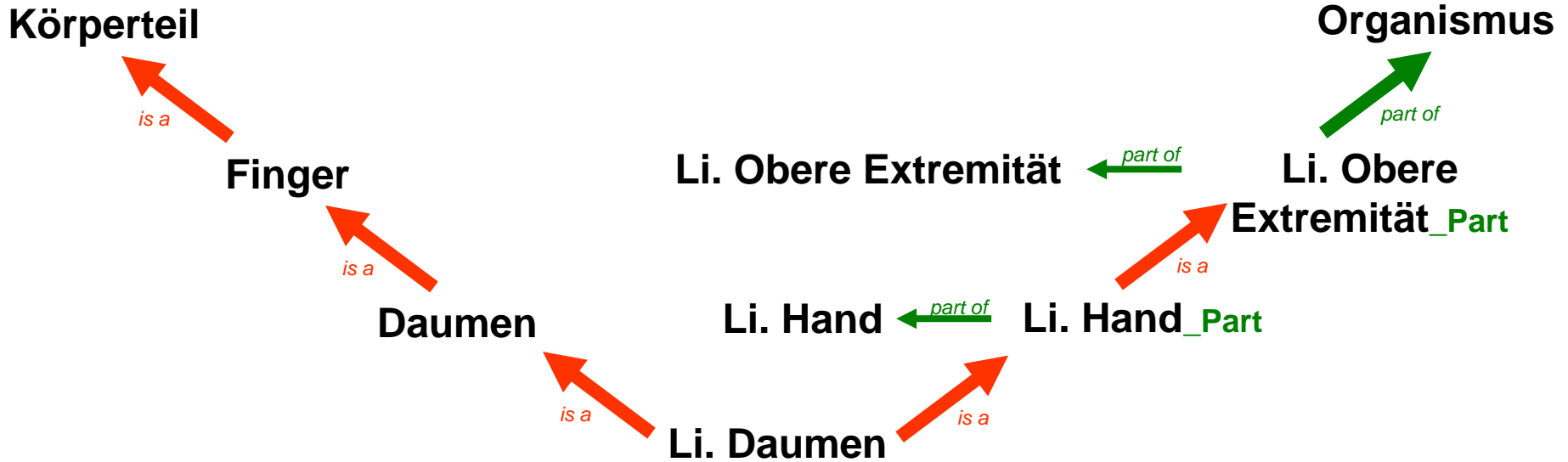
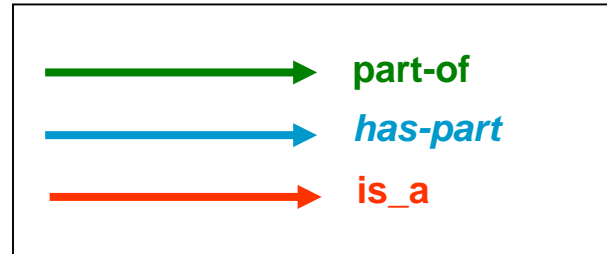
Part-Of Hierarchien als Taxonomien



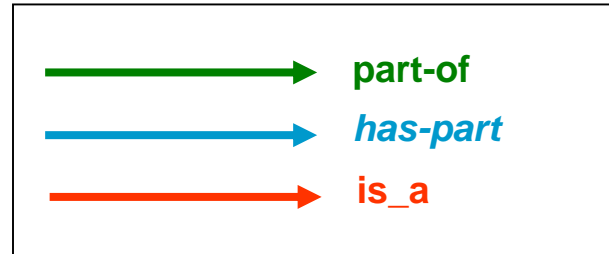
Part-Of Hierarchien als Taxonomien



Part-Of Hierarchien als Taxonomien



Part-Of Hierarchien als Taxonomien



Körperteil



Finger



Daumen



Li. Daumen

Li. Obere Extremität



Li. Hand



Li. Hand_Part

Organismus



Organismus_Part

Li. Obere Extremität_Part



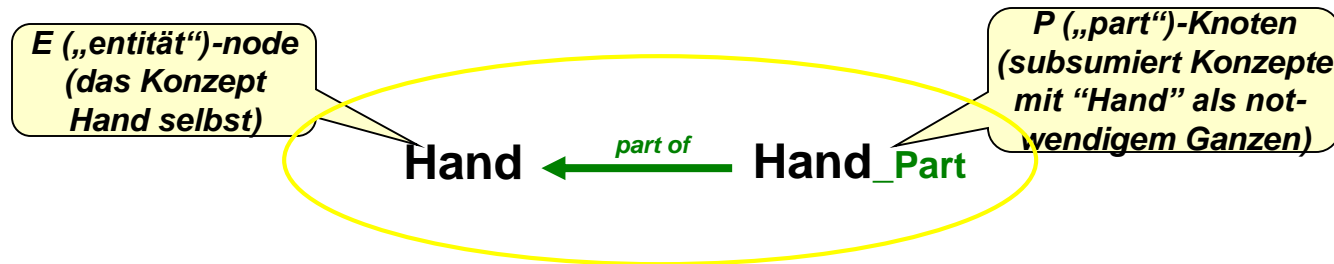
Li. Obere Extremität_Part



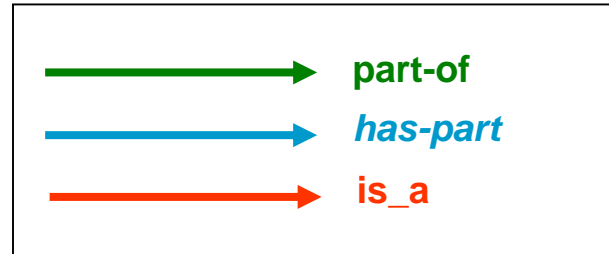
is a

Part-Of Hierarchien als SEP-Triplets

Schulz et al. AMIA 98; Hahn et al. AAAI 99



Part-Of Hierarchien als Taxonomien



Körperteil



Finger



Daumen



Li. Daumen

Li. Obere Extremität



Li. Obere Extremität_Part

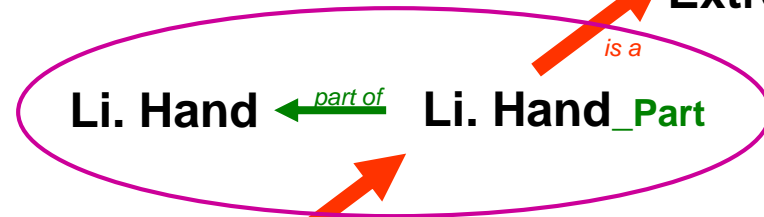
Li. Hand



Li. Hand_Part

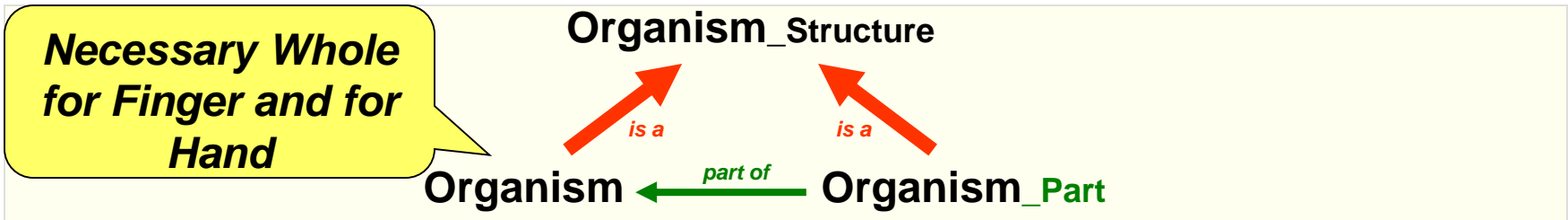


Organismus ← *part of* Organismus_Part

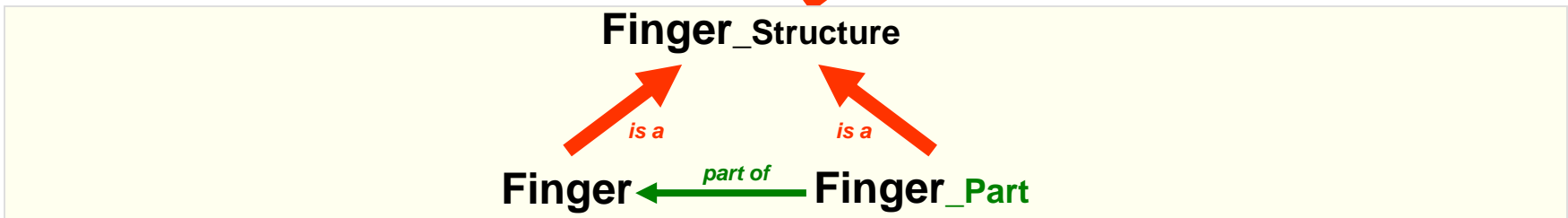
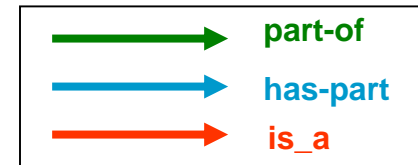
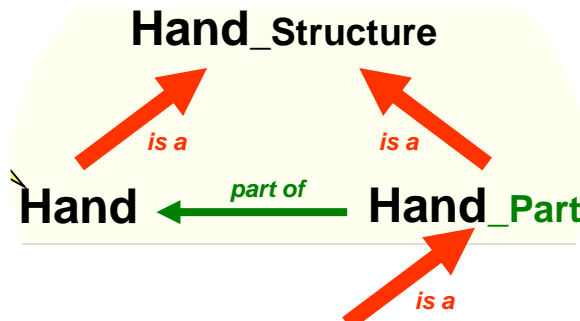


Part-Of Reifizierung durch SEP-Triplets

Schulz et al. AMIA 98; Hahn et al. AAAI 99



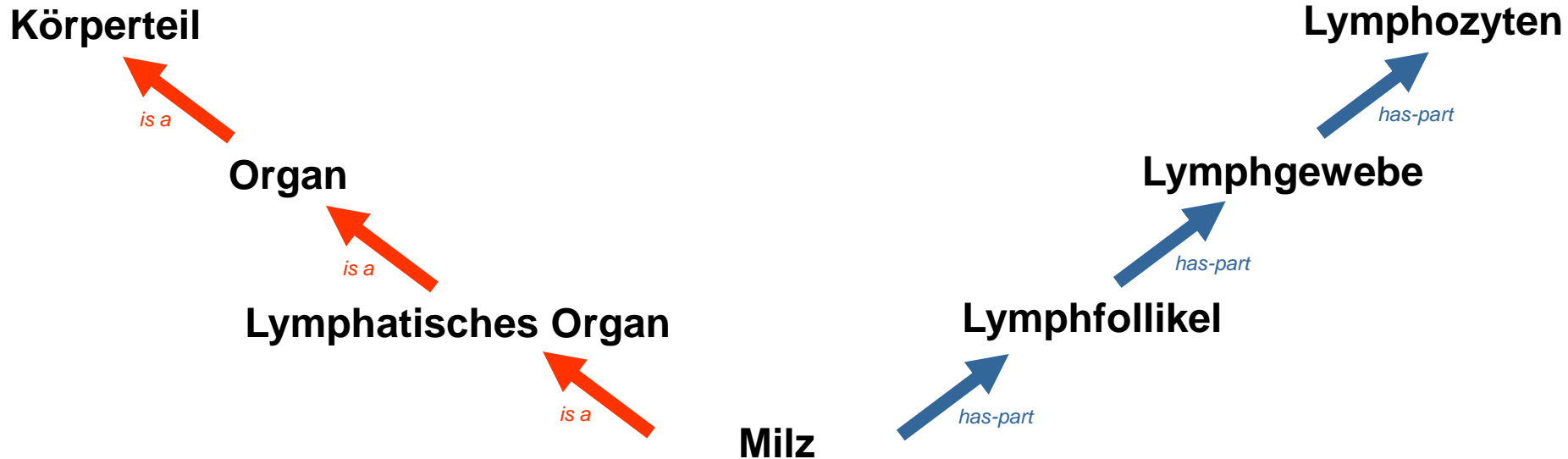
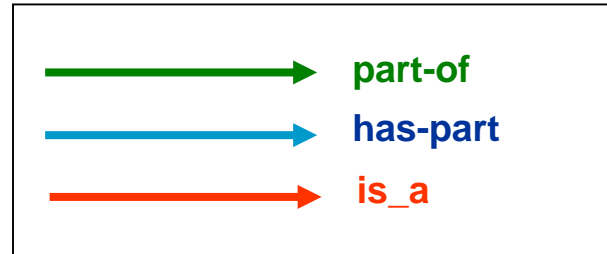
SEP-Triplet



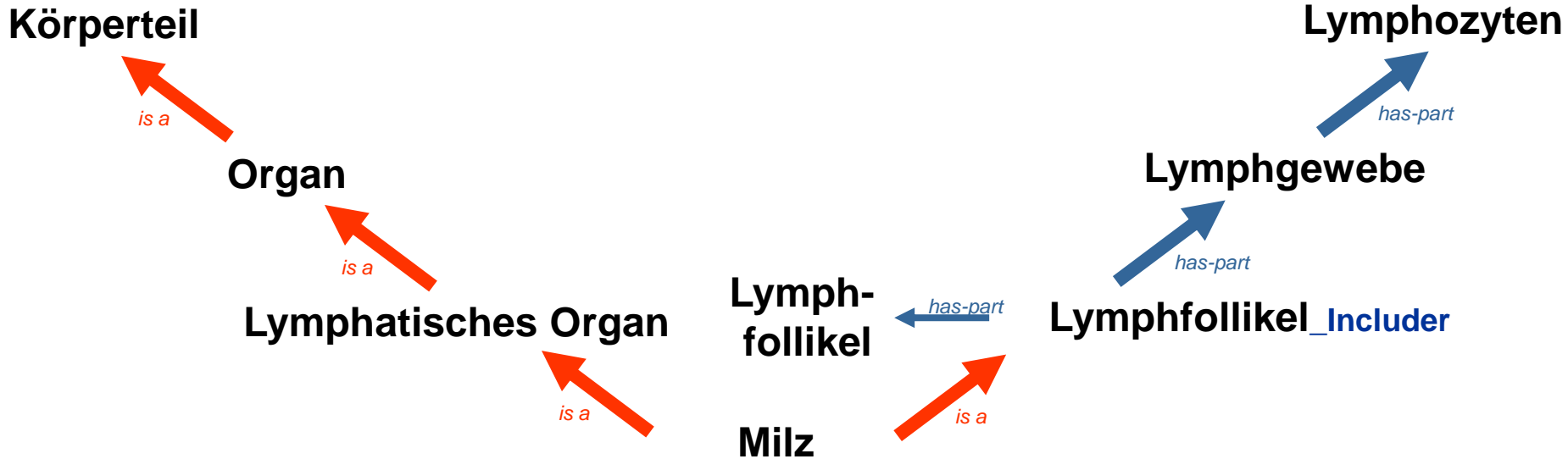
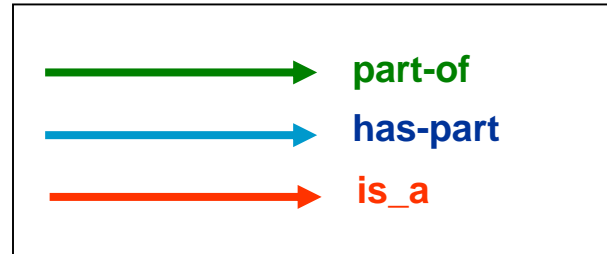
SEP-Triplets

- Emulieren *part-of*-Hierarchien durch Taxonomien
- Emulieren “Transitivität” in Nicht-is-a Konzepthierarchien
Finger *is a* Hand_Part, Hand_Part *is a* Arm_Part ⇒
Finger *is a* Arm_Part
- “Notwendige Ganze” können durch taxonomische Subsumption inferiert werden
- “Notwendige Teile...” ?

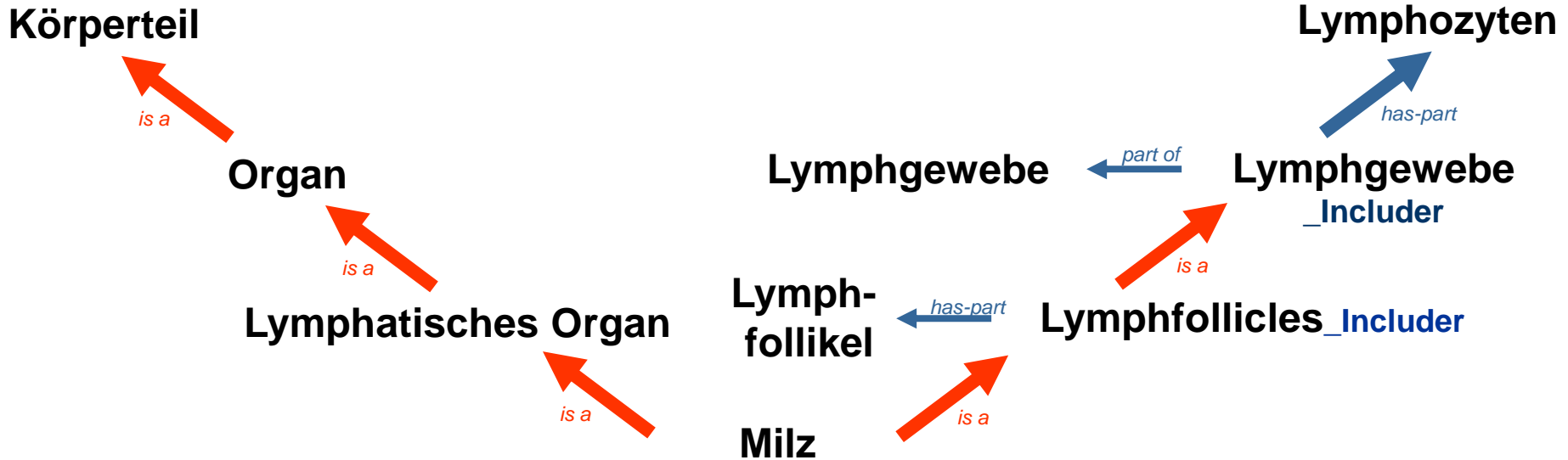
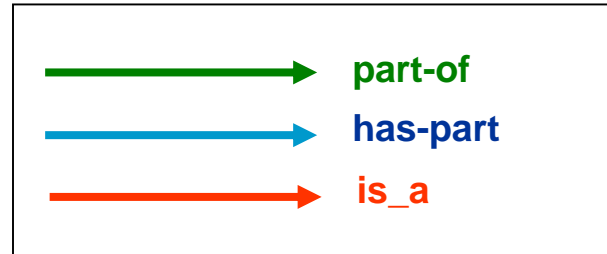
Has-Part Hierarchien als Taxonomien



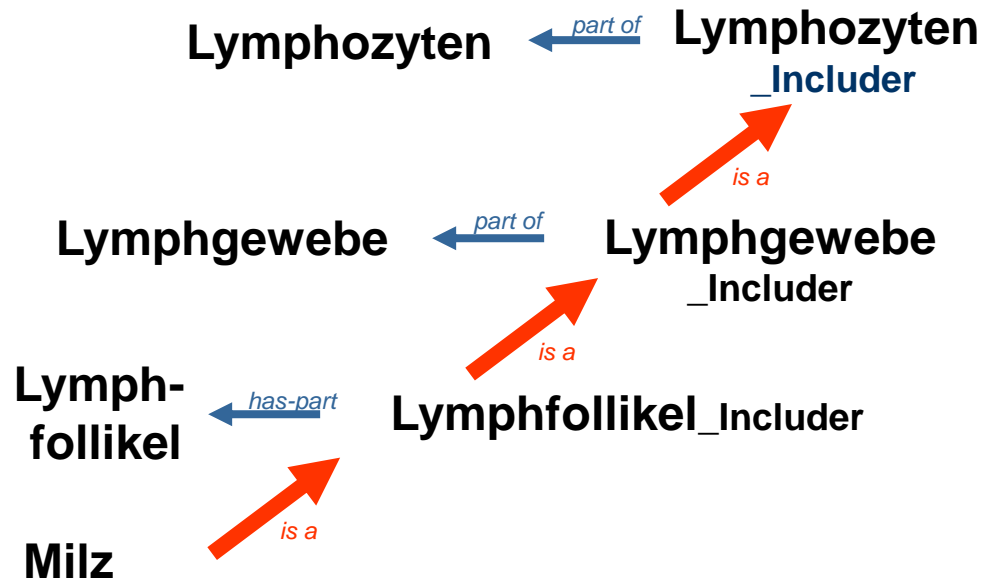
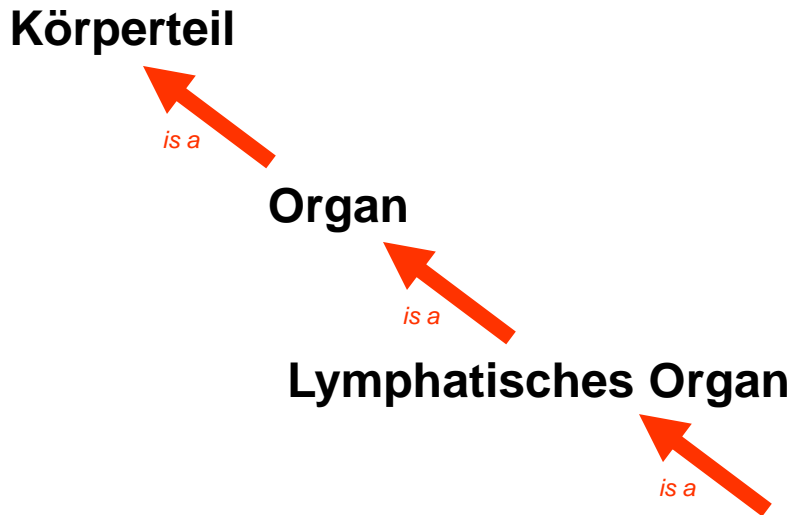
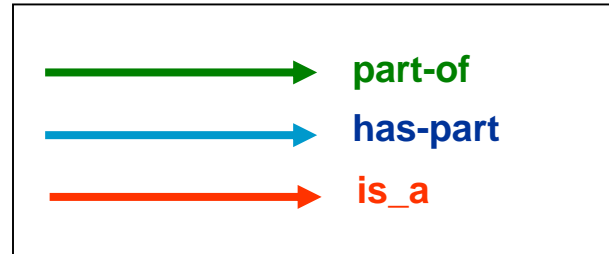
Has-Part Hierarchien als Taxonomien



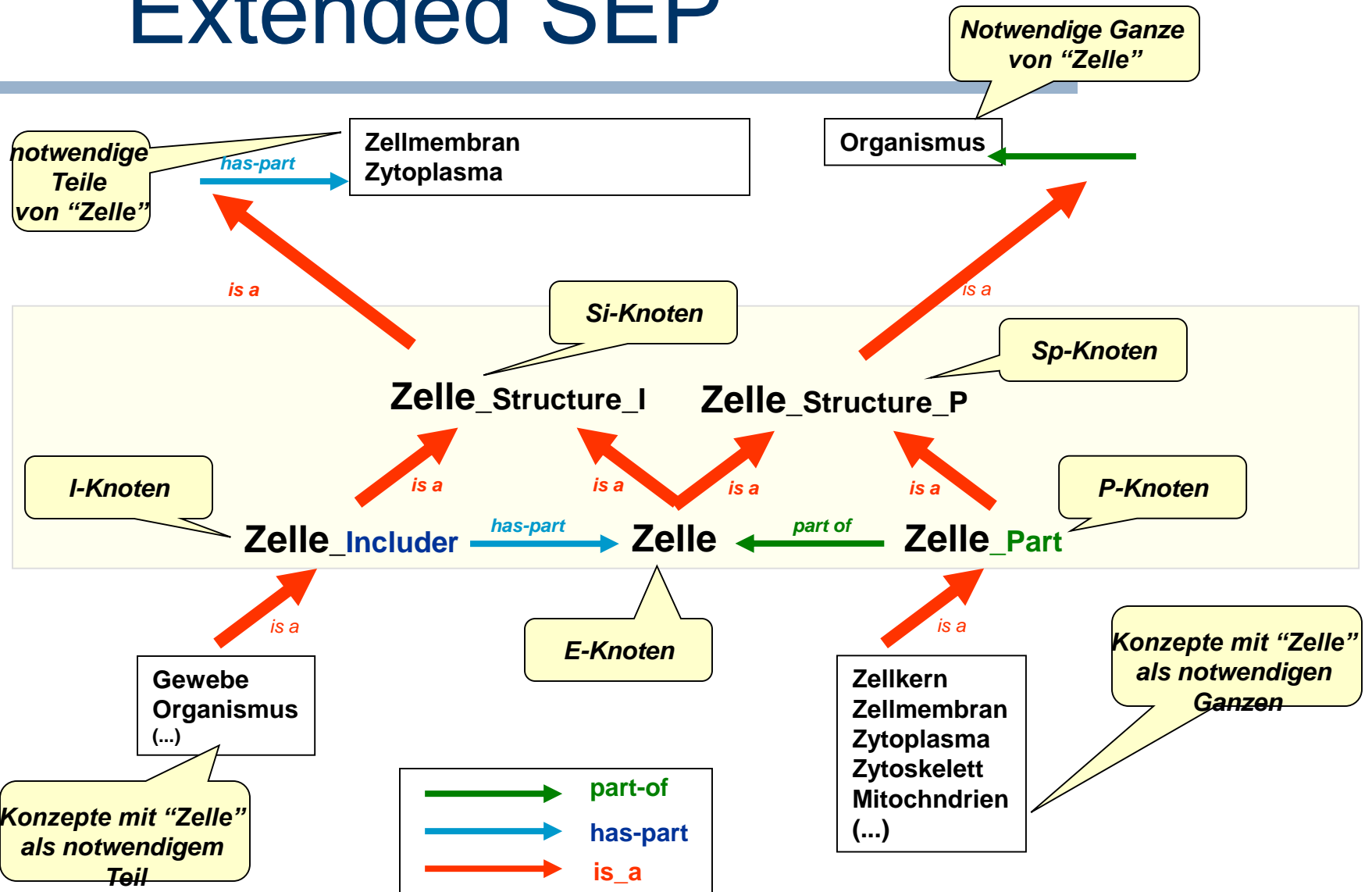
Has-Part Hierarchien als Taxonomien



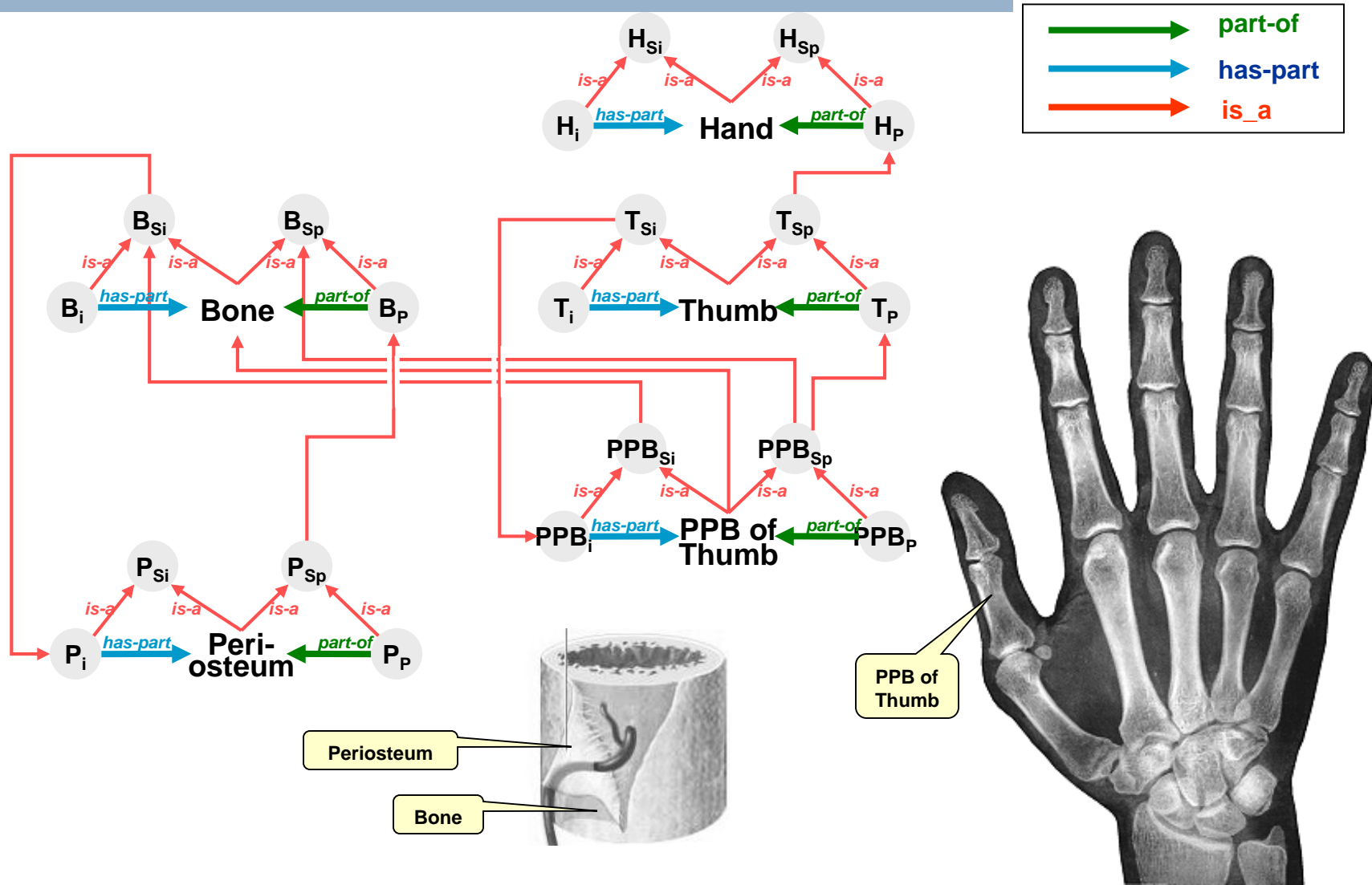
Has-Part Hierarchien als Taxonomien



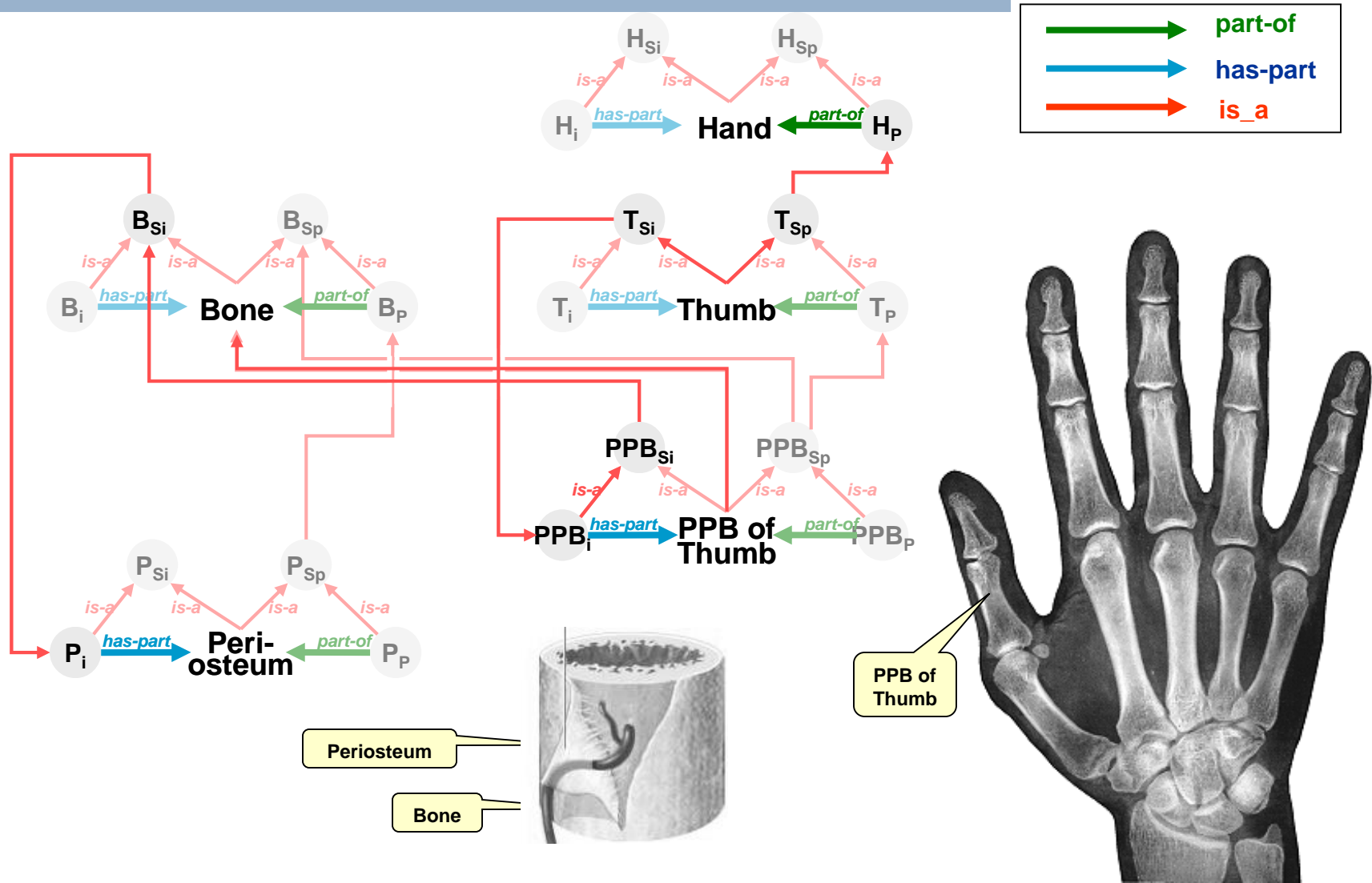
“Extended SEP”



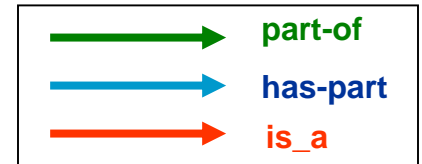
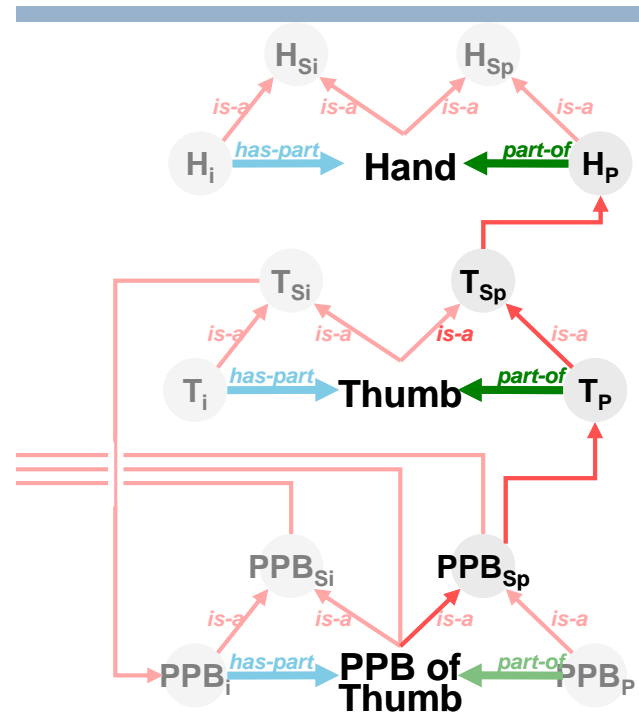
Beispiel 1



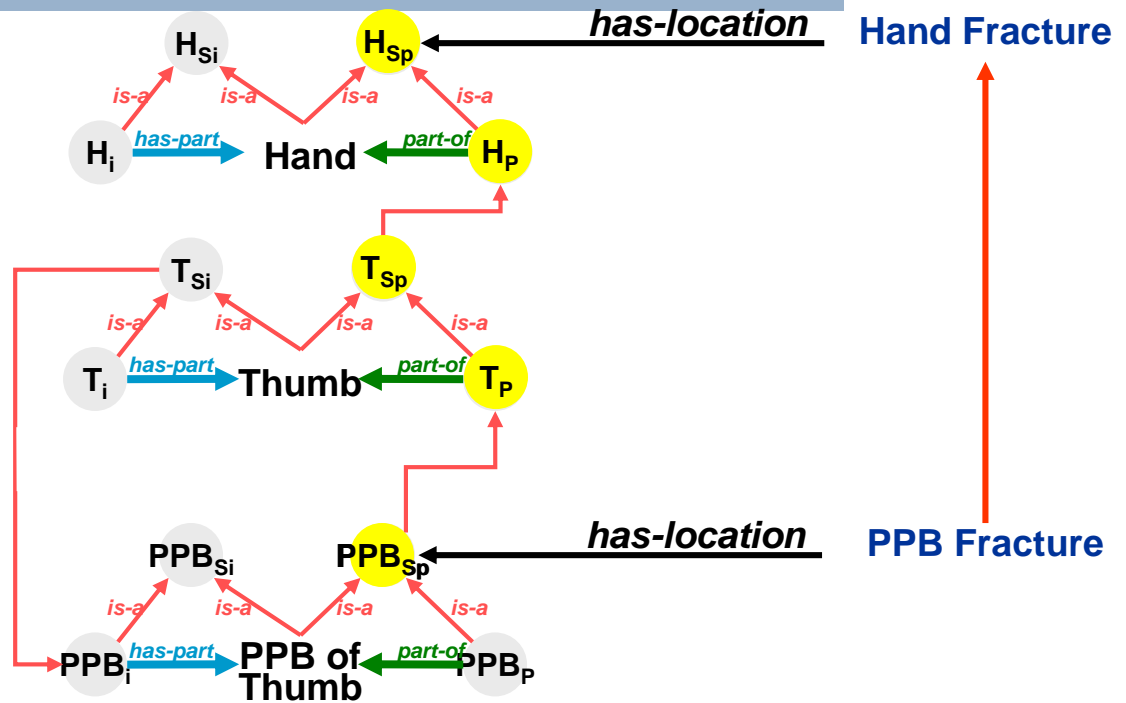
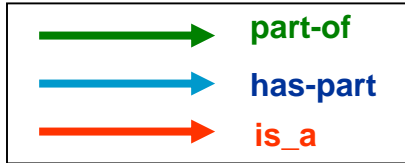
Beispiel 1



Beispiel 1

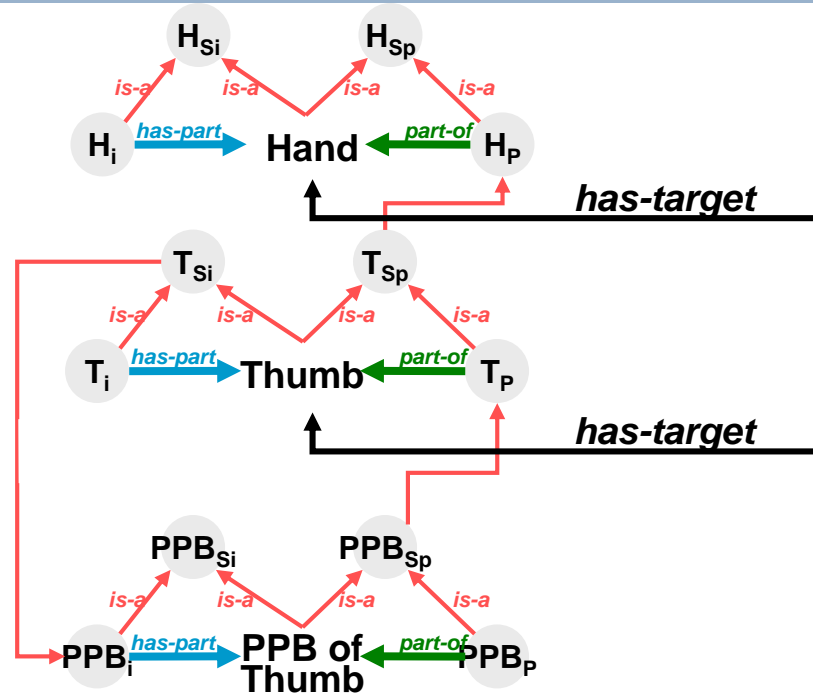
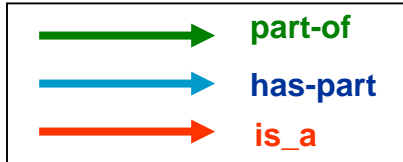


Beispiel 2

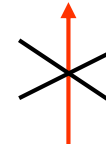


Rollenpropagation “angeschaltet”

Beispiel 3



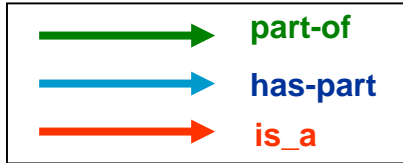
Amputation of Hand



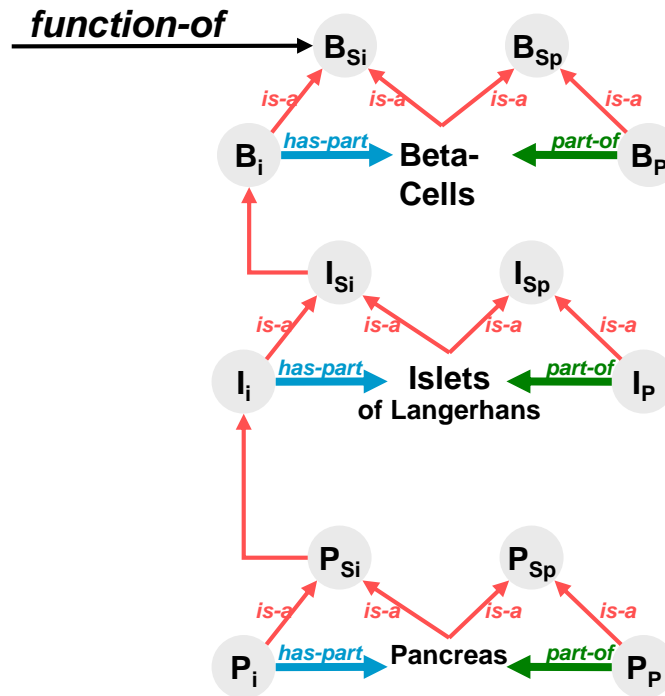
Amputation of Thumb

Rollenpropagation “abgeschaltet”

Beispiel 4



Insulin Secretion



Insulin secretion is a function of the pancreatic beta-cells and anything which necessarily includes them.

$$InsulinSecretion = \exists function-of.B_{Si} \wedge \forall function-of.B_{Si}$$

Reifikatorkonzepte

- Erlauben die Steuerung des Propagierungsverhalten von Rollen über Partonomien
- Schlussmuster ermöglichen bzw. verhindern Inferenzen, und folglich Klassifikation
- Nützlich für die logikbasierte Neuformulierung medizinischer Begriffsordnungen, z.B. für Krankheits- und Prozedurenkodierung
- Problem: Proliferation von Kunstkonzepten

Reifikatorkonzepte

- Erlaubt Schlüsse über *notwendige* Teile und Ganze

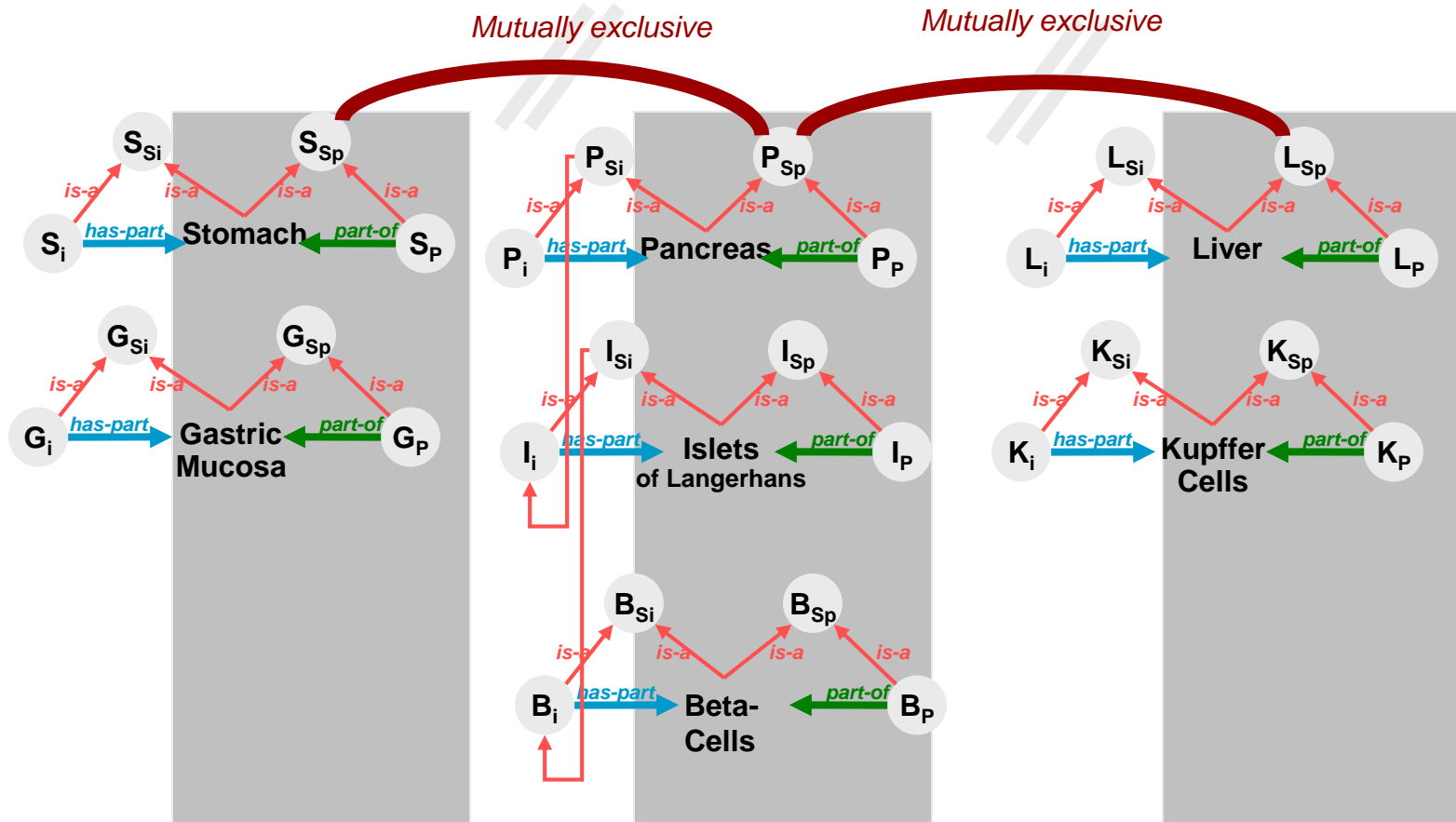
	A <i>hnw</i> B	B <i>hnp</i> A	<i>pw</i> (A,B)	<i>dc</i> (A,B)
B <i>hnw</i> C	A <i>hnw</i> C	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)
C <i>hnp</i> B	<i>pw</i> (A,C)	C <i>hnp</i> A	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)
<i>pw</i> (B,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)
<i>dc</i> (B,C)	<i>dc</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)	<i>pw</i> (A,C)

- Wie lässt sich Wissen über *mögliche* Teile und Ganze damit ausdrücken ?

Mögliche Teile und Ganze

- Einschränkung bei gegebener Repräsentationssprache:
 - *Has-part* und *part-of* haben keine spezifischen Wertebereichsrestriktionen → Zwei Instanzen können prinzipiell miteinander relationiert werden („open world semantics“)
- Mögliche Lösung:
 - Spracherweiterung, die die Definition disjunkter Partitionen erlaubt („weak negation“):
Durch Unterbringung von S- und P-Knoten in unterschiedlichen Partitionen lassen sich unerwünschte part-of-Relationierungen verhindern
- Implizite Modellierung von „möglichen“ Teilen und Ganzen:
 - Nicht als „notwendige Teile und Ganze“ in den Konzeptdefinitionen
 - Teil-Ganzes-Relationierung nicht explizit verhindert.

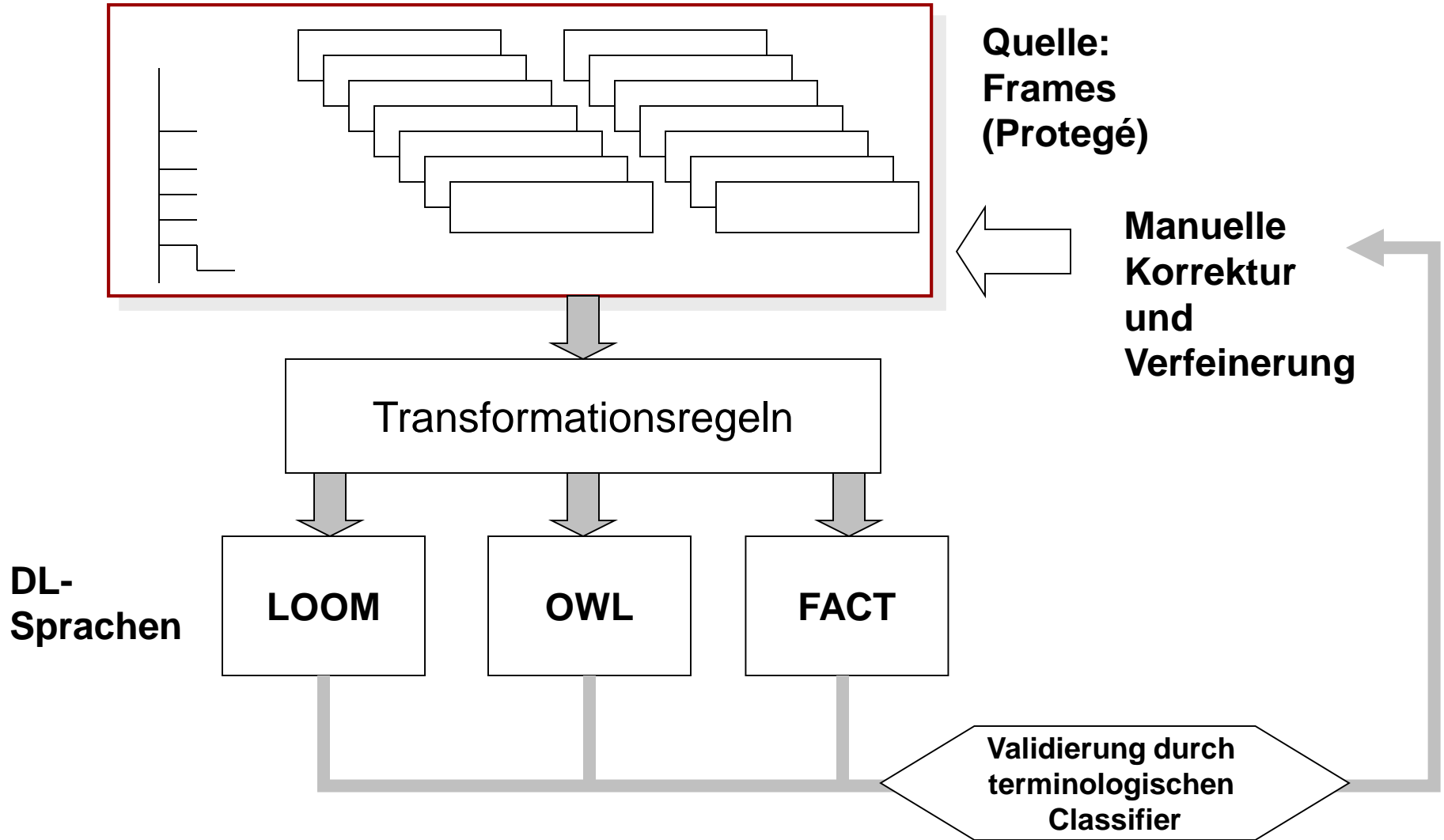
Beispiel Partitionierung



Praktische Nutzung der vorgestellten Modellierungsprinzipien

- MedSyndikate: Wissensbasis für medizinisches Textverstehenssystem
- CoMMet: Rekonstruktion von Anatomie- und Pathologiekonzepten aus dem UMLS mittels Beschreibungslogik
- Reifikatorkonzepte kommen in den kommerziellen Ontologien LinkBase® und SNOMED CT® zum Einsatz.
- ACITÉ: Terminologische Wissensbasis aus dem Digital Anatomist Foundational Model

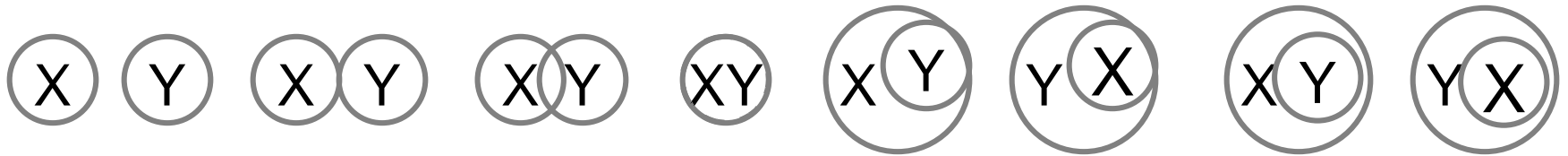
Transformation des Digital Anatomist Foundational Model



Fortbestehende Probleme und Herausforderungen

- Mererotopologie:

Wie kann man Wissen über kanonische spaziale Relationen in Konzeptdefinitionen integrieren?



- Schließen über anatomische

Verbindungsstrukturen (*Nerven, Gefäße*):

Innervation von Muskeln, Konsequenzen von Nerven / Gefäßläsionen etc.

Teil/Ganzes vs. Lokalisation

- Impliziert „parthood“ „location“ ?
 - Zehe *part-of* Fuß
 - Zehe *has-location* Fuß - auch nach Amputation ?
- „Location“ ohne „parthood“
 - Metastase eines Kolon-Ca in der Leber
 - Metastase *has-location* Leber !
 - Metastase *part-of* Kolon ?
 - Metastase *part-of* Leber ?
 - Prim. Leberzell-CA *part-of* Leber ?

Parts und ~~Wholes~~ Holes

■ Abreitshypothesen

- Feste Körper können Hohlräume (als Teil) enthalten
Schädel has-part Schädelhöhle
- Hohlräume können nicht feste Körper (als Teil) enthalten
- Hohlräume können weitere Hohlräume (als Teil) enthalten
Schädelhöhle has-part Fossa Cranialis
- Wenn A has-location B , jedoch A is not *part-of* B, dann ist A lokalisiert innerhalb eines Hohlraums, der *part-of* B ist
Embryo has-location Uterus, Embryo not part-of Uterus
→ *Embryo has-location X, X isa Hohlraum, X part-of Uterus*

Grenzstrukturen

- Arbeitshypothese:
 - n-dimensionale Grenzstrukturen begrenzen n+1 dimensionale Objekte
 - Grenzstruktur B trennt X von Y →
B *part-of* X, B *part-of* Y
- Granularitätsproblem:
 - Grenzstruktur ist 2-dimensional aus makroskopischer Sicht, jedoch 3-dimensional aus mikroskopischer Sicht, z.B.
Basalmembran, Zellmembran

Kardinalität

- Modellierung von multiplen Objekten (plural entities), z.B. *Zellen, Kapillaren, Molekülen, Alveolen, Glomerula...*) ?
- Modellierung von Massenkonzepthen (*Gewebe, Substanz, ...*) ?

Annahmen für Multiple und Massenkonzeppte

- Beide werden als homogene Kollektionen betrachtet
- Kollektionen wird ein eigener ontologischer Status zugeschrieben: *Zellen* und *Zelle* sind unterschiedliche Konzepte
- Zwischen Kollektionen und ihren Einzelelemente besteht eine Part-of-Relation:
Cells has-part cell
- Kollektionen können in „wesensgleiche“ Teile aufgespalten werden.

Zusammenfassung

- Partitive Ordnung von Begrifflichkeiten in Medizin und Biologie ist von grundlegender Bedeutung
- Die damit verbundenen Inferenzmuster sind komplex, können jedoch teilweise durch “Emulation” durch Taxonomien beherrscht werden
- Ein Konsens über die genaue Bedeutung von *part-of* ist schwer zu erzielen
- Zahlreiche offenen Forschungsfragen
 - Übertragung der Modellierungsansätze auf die Beschreibung von Prozessen / Events
 - Parts / Location
 - Grenzstrukturen, Hohlräume

Literatur

A. Artale, E. Franconi, N. Guarino, und L. Pazzi.

Part-whole Relationen in object-centered systems: An overview. *Data & Knowledge Engineering*, 20(3):347-383, 1996.

F. Baader (editor):

The Description Logic Handbook: Theory, Implementation, und Applications. Cambridge Universität Press.
To appear.

P.G. Baker, C. A. Goble, S. Bechhofer, N.W. Paton, R. Stevens, und A. Brass. An ontology for bioinformatics applications. *Bioinformatics*, 15(6):510-510, 1999.

R. Casati und A. Varzi. Parts und Places. The Structures of Spatial Representation. MIT Press, 1999.

Alan L. Rector. Analysis of propagation along transitive roles: Formalisation of the galen experience with medical ontologies. In DL02 - 2002 International Workshop on Description Logics, 2002. Published via <http://CEUR-WS.org/Vol-53/>.

J. Rogers und A. Rector. GALEN's model of parts and wholes: Experience und comparisons. In Proceedings of the AMIA 2000, pages 714-718, 2000.

C. Rosse, J.L. V. Mejino, B. R. Modayur, R. Jakobovits, K.P. Hinshaw, und J.F. Brinkley. Motivation und organizational principles for anatomical knowledge representation: The Digital Anatomist symbolic knowledge base. *JAMIA*, 5(1):17-40, 1998.

M. Schmidt-Schauß und G. Smolka. Attributive Konzept descriptions with complements. *Artificial Intelligence*, 48(1):1-26, 1991.

S. Schulz. Bidirectional mereological reasoning in anatomical knowledge bases. In AMIA 2001, pages 607-611, 2001.

S. Schulz und U. Hahn. Medical knowledge reengineering - converting major portions of the UMLS into a terminological knowledge base. *International Journal of Medical Informatics*, 64:207-221, 2001.

S. Schulz, M. Romacker, und U. Hahn. Part-whole reasoning in medical ontologies revisited: Introducing SEP triplets into classification-based description logics. In AMIA 1998, pages 830-834, 1998.

P. M. Simons, Parts. A Study in Ontology, Clarendon Press 1987.

John F. Sowa, Knowledge Representation: Logical, Philosophical, und Computational Foundations, Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 2000.

Barry Smith, A. Varzi. Fiat und Bona Fide Boundaries, in Proc. COSIT-97, Springer-Verlag 1997, 103--119

Achille Varzi, R. Casati. Holes und other Superficialities. MIT Press (1995).