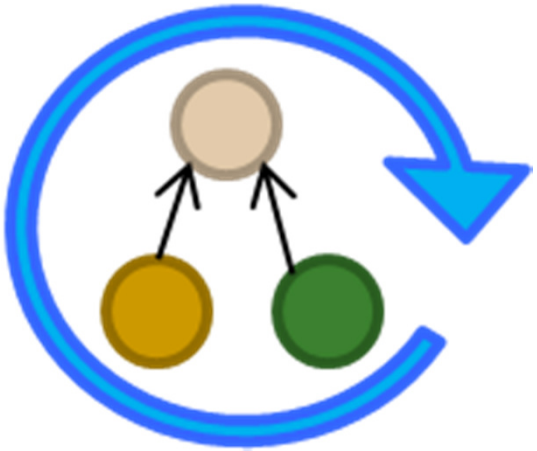
Ontologie-Management

Kapitel 2: Ontologiesprachen

Dr. Michael Hartung

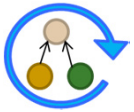
Wintersemester 2012/13

Universität Leipzig
Institut für Informatik
http://dbs.uni-leipzig.de



Inhalt

- Erinnerung Ontologie / Ontologiemodell
- Ontologiesprachen
  - Framebasiert: F-Logic
  - Semantic Web: RDF / RDFS / OWL
  - Open Biomedical Ontologies: OBO

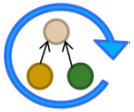


Erinnerung Ontologie

"An ontology is an explicit, formal specification of a shared conceptualization. The term is borrowed from philosophy, where an ontology is a systematic account of Existence. For knowledge-based systems, what "exists" is exactly that which can be" represented. *(Thomas R. Gruber, 1993)*

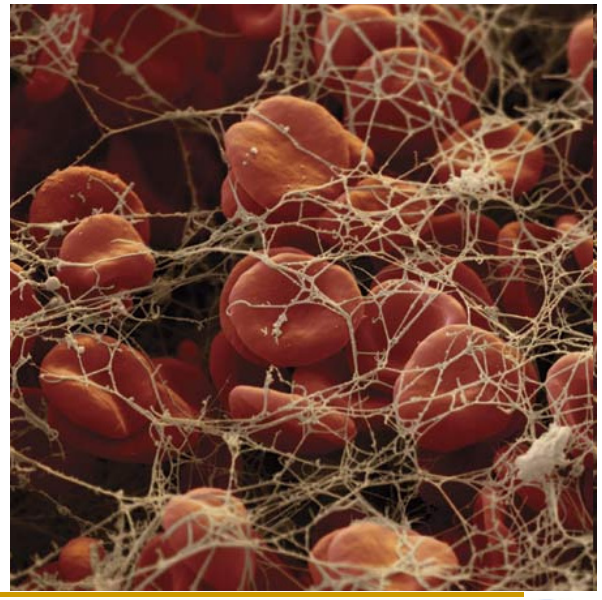
„explizite, formale Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung"

- **Konzeptualisierung** — abstraktes Modell (Domäne, identifizierte relevante Begriffe, Beziehungen)
- **Explizit** — Bedeutungen aller Begriffe definiert
- **Formal** — maschinenverstehbar
- **Gemeinsam** — Konsens bzgl. Ontologie



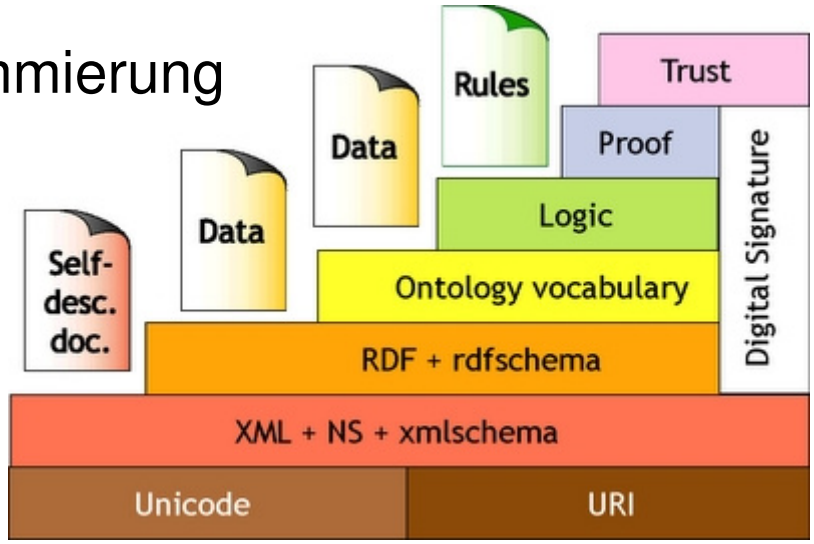
Erinnerung Ontologiemodell

- **Ontologie *O = (C,A,R)***
  - Konzepte $c \in C$ (Identifizierung über *accession number*)
  - Attribute $a = (a_{concept}, a_{name}, a_{value}) \in A$
  - Relationen $r = (r_{source}, r_{type}, r_{target}) \in R$
- **Beispiel – Blutgerinnung in GO Biologische Prozesse (GO:0007596)**
  - *name:* blood coagulation
  - *synonym:* blood clotting
  - *obsolete:* false
  - *definition:* „The sequential process ...“
  - *is_a:* GO:0050817, GO:0007599
  - *part_of:* GO:0042060



Ontologiesprachen - Überblick

- **F-Logic**
  - Objektorientierte logische Programmierung

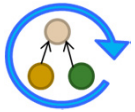


- **RDF / RDFS /OWL**
  - W3C Standard
  - Basierend auf Description Logic

- **OBO**
  - Open Biomedical Ontologies
  - Einheitliche Modellierung biomedizinischer Ontologien

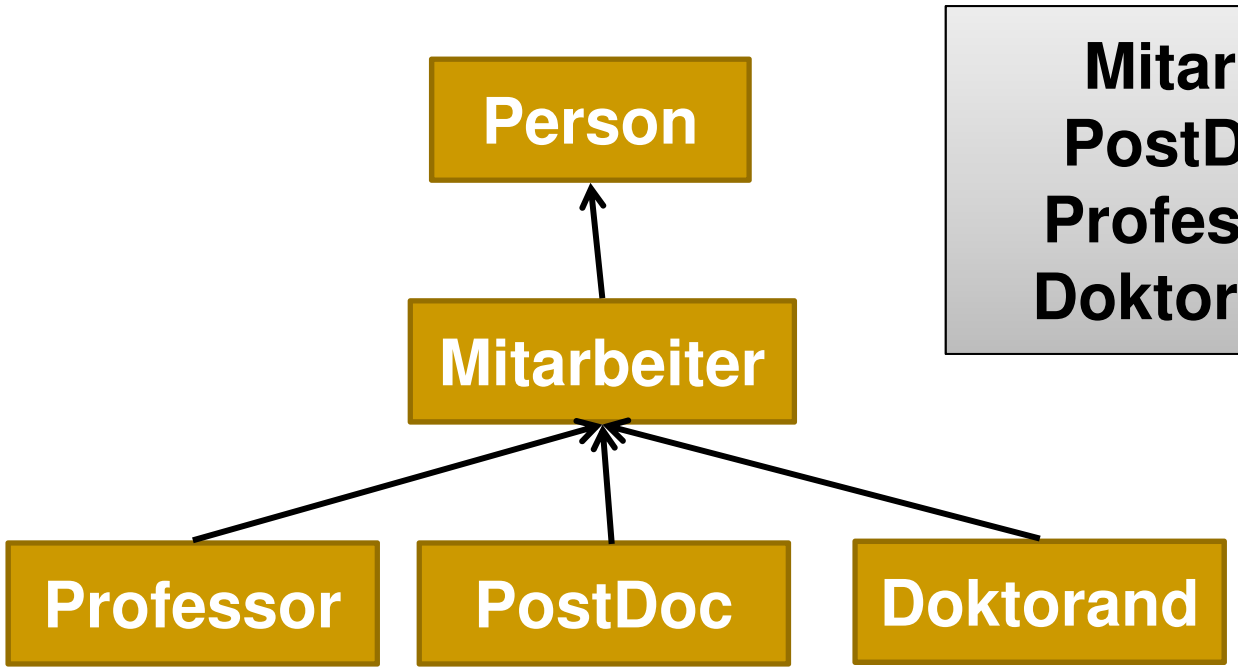
F-Logic (Frame-Logic)

- **Motivation**
  - Beschreibungssprachen wie OWL oft „eigenschaftszentriert“
    - Relationen (Rollen) und Klassen als Grundlage zur Klassifizierung von Instanzen
  - Programmierung typischerweise objektorientiert
    - Relationen (Eigenschaften) sind Klassen zugeordnet, Instanzen als komplex strukturierte Objekte
- **Eigenschaften**
  - Selbstbeschreibendes OO-Datenmodell (M. Kifer, G. Lausen, 1989/1995)
  - Volle Objektorientierung (Klassenhierarchie, Vererbung)
  - Deduktive Sprache (Prolog-artig)

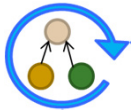


F-Logic – Defintion von Klassen

- Klassen und Subklassen-Beziehungen
  - Eindeutige Namen für Klassen: *class*
  - *class1*::*class2* zur Beschreibung einer Subklassen-Beziehung zwischen zwei Klassen *class1* und *class2*

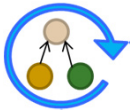


Mitarbeiter::Person
PostDoc::Mitarbeiter
Professor::Mitarbeiter
Doktorand::Mitarbeiter



F-Logic – Definition von Relationen

- Definition von Relationen zwischen Klassen
  - Beschreibung der Klassen im Detail
  - Unterscheidung zwischen ein- und mehrwertigen Relationen
    - *class1*[*relation*=>*class2*] (einwertig =>)
    - *class1*[*relation*=>>*class2*] (mehrwertig =>>)



F-Logic – Definition von Instanzen

- Zuordnung von Instanzen zu Klassen (Instanziierung)
  - *object*:*class*

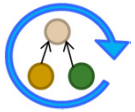
```
Rahm:Professor .
Hartung:PostDoc .
Kolb:Doktorand .
```

- Zuordnung von Werten für Relationen
  - Unterscheidung zwischen ein- bzw. mehrwertig (-> bzw. ->>)

```
Kolb[wirdBetreutVon->Rahm] .
```

```
Rahm[verantwortlichFür->>{DBS1,IDBS1}] .
```

```
Hartung[verantwortlichFür->>OnMa] .
```

F-Logic – Atome vs. Moleküle

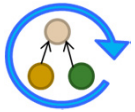
- Atom beschreibt jeweils eine einzelne Aussage (Fakt)

```
Instanziierung: Kolb:Doktorand .
1. Beziehung: Kolb[wirdBetreutVon->Rahm] .
2. Beziehung: Kolb[verantwortlichFür->>DWH-Prak] .
```

- Moleküle fassen mehrere Fakten zusammen

```
Kolb:Doktorand[wirdBetreutVon->Rahm;
               verantwortlichFür->>DWH-Prak] .
```

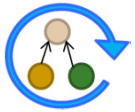
- Zerlegung von Molekülen in Atome möglich



F-Logic – Einbettung (Nesting)

- Objektbeschreibungen können auch geschachtelt werden

```
Kolb:Doktorand[wirdBetreutVon->Rahm:Professor
                    [verantwortlichFür->>{DBS1,IDBS1}];
                     verantwortlichFür->>DWH-Prak] .
```

F-Logic – Regeln

- Regeln bestehen aus Kopf und Rumpf (Bedingungen)
  - Regeln sind Implikationen (Implikationspfeil <-)
  - Beliebige logische Ausdrücke im Rumpf
  - Quantifizierung von Variablen mittels FORALL bzw. EXISTS

```
FORALL X,Y  X[istDoktorvaterVon->>Y]
<-
Y:Doktorand[wirdBetreutVon->X] .
```

„Für alle X und Y gilt: X ist der Doktorvater von Y, wenn Y ein Doktorand ist und von X betreut wird.“

Regelkopf

Variablen

Rumpf (Bedingungen)

F-Logic – Anfragen

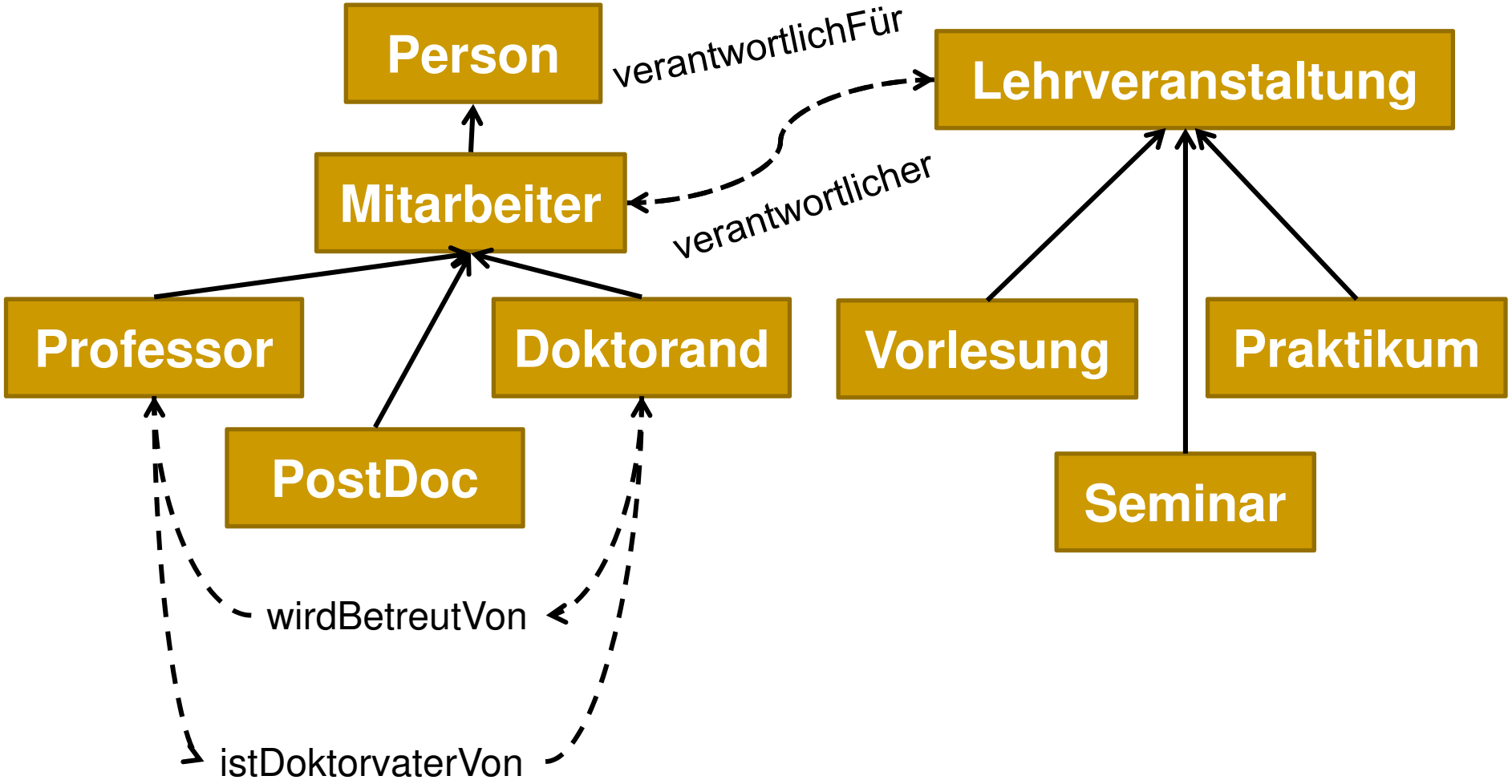
- Regeln ohne Kopf
  - Ergebnis sind Variablenbindungen, die die gegebenen Bedingungen erfüllen

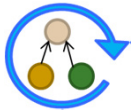
```
FORALL X
<-
EXISTS Y X:Doktorand[istVerantwortlichFür->>Y] .
```

„Finde alle Doktoranden die mindestens eine Lehrveranstaltung betreuen, d.h. Doktoranden die auch in der Lehre tätig sind.“

F-Logic – Gesamtbeispiel

- „Ontologie“ für Lehrstühle





F-Logic – Gesamtbeispiel

- Klassen und Subklassen

```
Mitarbeiter::Person .
Professor::Mitarbeiter .
PostDoc::Mitarbeiter .
Doktorand::Mitarbeiter .
```

```
Vorlesung::Lehrveranstaltung .
Praktikum::Lehrveranstaltung .
Seminar::Lehrveranstaltung .
```

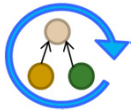
- Relationen

```
Doktorand[wirdBetreutVon=>Professor] .
Professor[istDoktorvaterVon=>>Doktorand] .
Mitarbeiter[verantwortlichFür=>>Lehrveranstaltung] .
Lehrveranstaltung[verantwortlicher=>>Mitarbeiter] .
```

- Regeln

```
FORALL X,Y  X[istDoktorvaterVon->>Y]
<-
Y:Doktorand[wirdBetreutVon->X] .
```

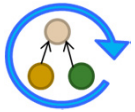
Weitere Regeln?



F-Logic – Gesamtbeispiel

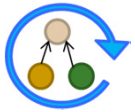
- Abteilung Datenbanken im WS 2012/13

```
Rahm:Professor[verantwortlichFür->>{DBS1:Vorlesung,
IDBS1:Vorlesung, Problemseminar:Seminar};
istDoktorvaterVon->>{Kolb:Doktorand
[verantwortlichFür->>DWH-Prak:Praktikum],
Arnold:Doktorand, Groß:Doktorand, Köpcke:Doktorand,
Maßmann:Doktorand}] .

Hartung:PostDoc[verantwortlichFür->>OnMa:Vorlesung] .
```

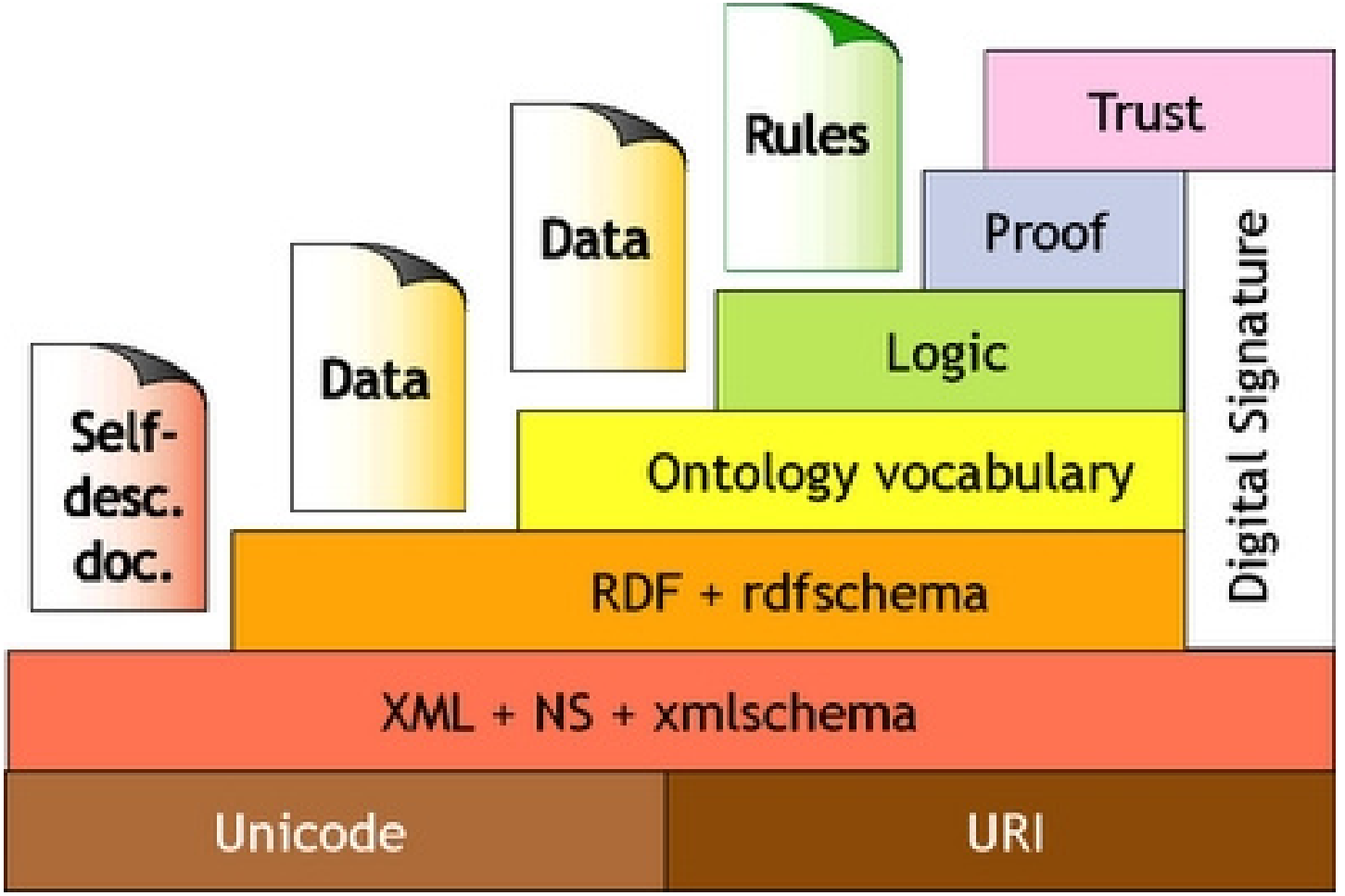



Vor- und Nachteile F-Logic

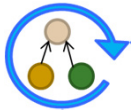
- **Vorteile**
  - Große Ausdrucksstärke (Regeln, ...)
  - Objektorientiert
  - Leistungsstark im Umgang mit Instanzen
- **Nachteile**
  - Keine klassische Logik
  - Verschiedene mögliche Semantiken
  - Hochgradig unentscheidbar
- **Praktische Umsetzung**
  - Weitere Features: Pfadausdrücke für Eigenschaften, Anbindung DB, Namensräume, ...
  - Systeme: OntoBroker, OntoStudio (ontoprise GmbH)
  - Praxisorientierte Algorithmen



Semantic Web - Architektur

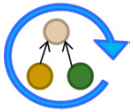


T. Berners-Lee: http://www.w3.org/2000/Talks/1206-xml2k-tbl/slide10-0.html



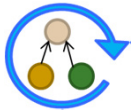
W3C – Standards im Bereich Ontologien

- **XML (eXtensible Markup Language)**
  - Strukturierte Dokumente (Datenaustausch)
  - Keine explizite Bedeutung der Dokumentinhalte
- **RDF (Resource Description Framework)**
  - Beschreibung von Web-Ressourcen
  - Datenmodell für Objekte (Ressourcen) und deren Beziehungen untereinander (Properties)
- **RDF/S (RDF Schema)**
  - RDF Erweiterung zur Definition von Klassen, Beziehungen und Klassenhierarchien
- **OWL (Web Ontology Language)**
  - RDF/S Erweiterung zur detaillierten Beschreibung von Klassen, z.B. Kardinalitäten, Disjunktheit, ...



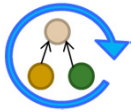
RDF - Resource Description Framework

- **Resource**
  - Kann prinzipiell alles sein
  - Bedingung: eindeutige Identifizierung/Referenz
  - Typischerweise über URI
- **Description**
  - Beschreibungen der Ressourcen
  - Mittels Beziehungen zwischen Ressourcen
  - Darstellung als Graph
- **Framework**
  - Kombination aus webbasierten Protokollen (URI, HTTP, XML, ...)
  - Definition erlaubter Beziehungen



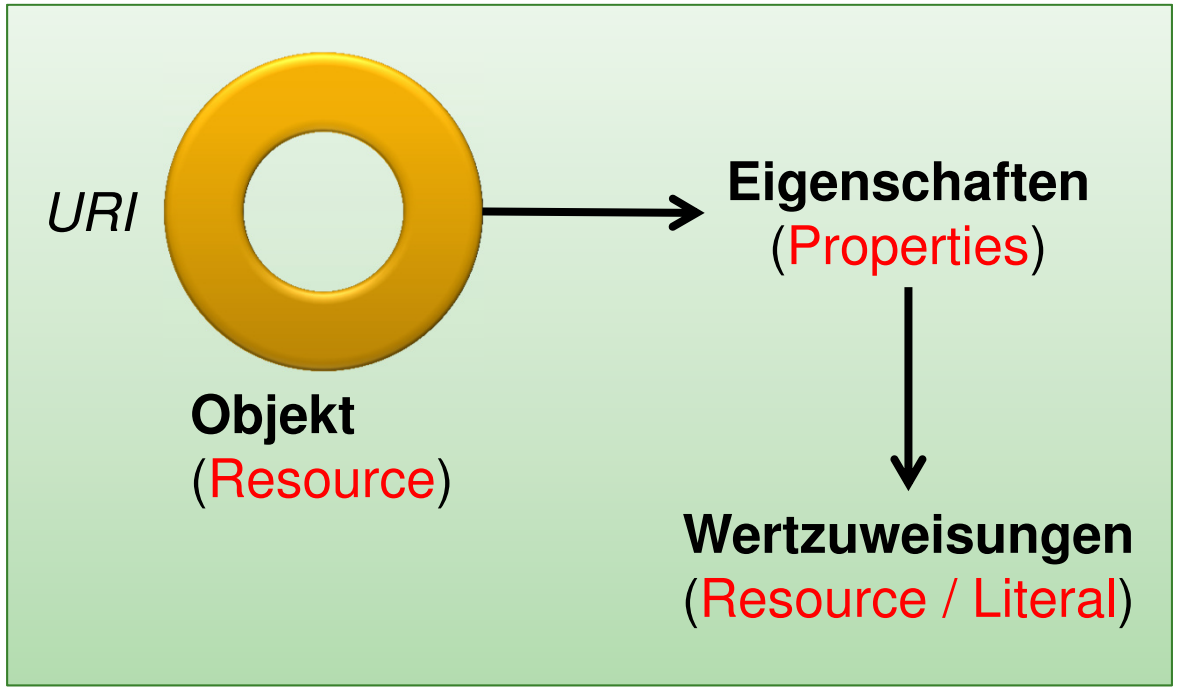
RDF - Resource Description Framework

- Ursprünglich entwickelt zur Angabe von Metadaten für Web-Ressourcen
  - 1995-1997: proprietäres Meta Content Framework (Netscape)
  - 1997 RDF als allgemeine Sprachdefinition für Metadaten, W3C Draft
  - 1998 erste RDF W3C Recommendation (http://www.w3c.org/RDF)
  - 2004 überarbeitete RDF W3C Recommendation
- Festlegung einer XML-Untermenge mit fest vorgeschriebener Semantik (machine readable → machine understandable)
- RDF ist geeignet zur Beschreibung aller möglichen Web-Ressourcen
- Mit RDF soll ein möglichst hohes Maß an Interoperabilität ermöglicht werden



RDF - Resource Description Framework

- Definiert Datenmodell zur Beschreibung maschinenverarbeitbarer Semantik von Daten
- Erlaubt Assoziation einfacher Semantik mit verwendeten Elementen

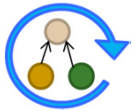


Aussage
(Statement)

RDF - Resource Description Framework

- **Ressourcen**
  - Dinge/Objekte, die über eine **URI** adressiert werden können
- **Properties**
  - Attribute/Eigenschaften zur Beschreibung der Ressource
- **Statements (RDF-Tripel)**
  - Ressource + Property + zugehöriger Wert

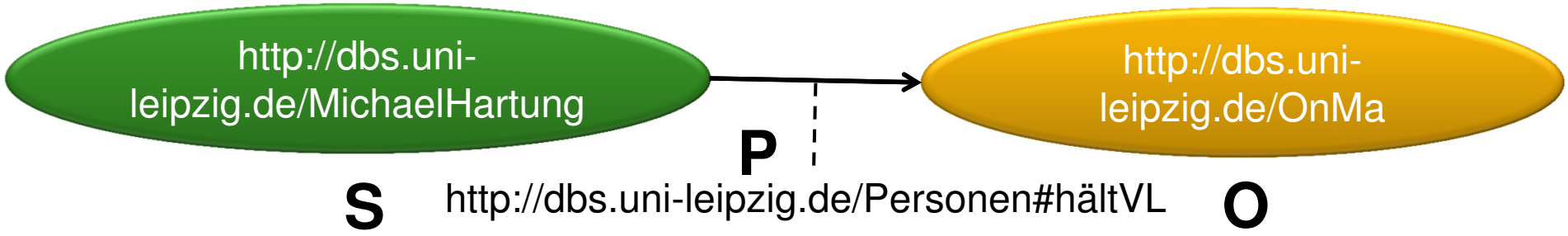
T (*subject S, property P, object O*)



RDF Graphen

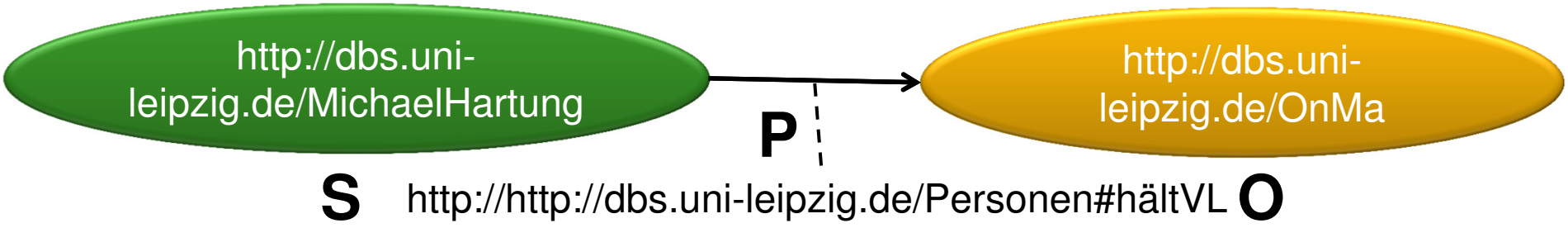
Bestandteile

- **URI**
  - Eindeutige Referenzierung der Ressourcen
- **Literale**
  - Datenwerte, welche keine separate Existenz aufweisen
  - Zeichenketten, Interpretation über Datentyp
- **Leere Knoten**
  - Erlauben Existenzaussagen über ein Individuum mit gewissen Eigenschaften, ohne dieses zu benennen



RDF Darstellungsformen

- **Knoten-Kante-Knoten Tripel**



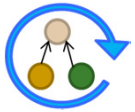
- **Notation3 (N3)**
  - Auflistung der Tripel
    - `{ http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung, http://dbs.uni-leipzig.de/Personen#hältVL http://dbs.uni-leipzig.de/OnMa }`
- **Turtle (Terse RDF Triple Language)**
  - N3 Erweiterung

RDF Darstellungsformen

Turtle (Terse RDF Triple Language)

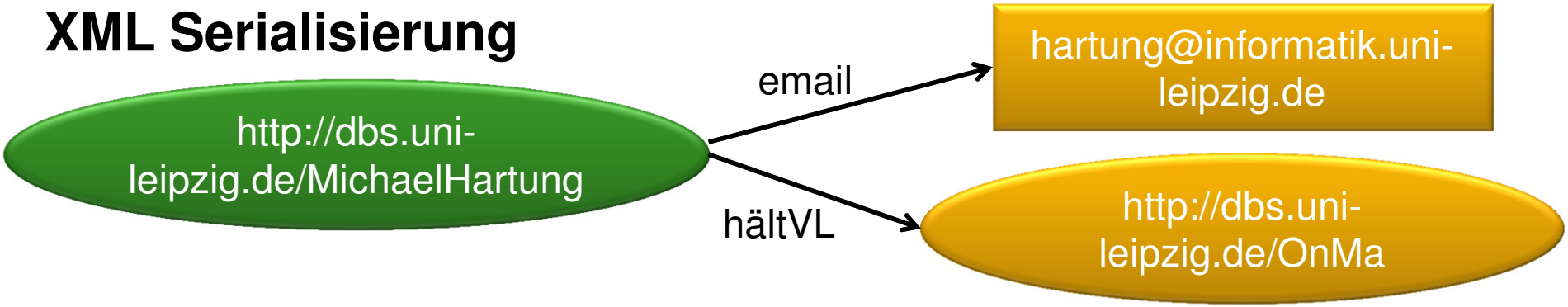
- Erweiterung von N3
- URIs in spitzen Klammern
- Literale in Anführungszeichen
- Jedes Tripel durch Punkt abgeschlossen
- **Beispiel:**

```
<http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung>
<http://dbs.uni-leipzig.de/Personen#hältVL>
<http://dbs.uni-leipzig.de/OnMa>.
<http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung>
<http://dbs.uni-leipzig.de/Personen#email>
“hartung@informatik.uni-leipzig.de“.
```

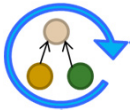



RDF Darstellungsformen

XML Serialisierung

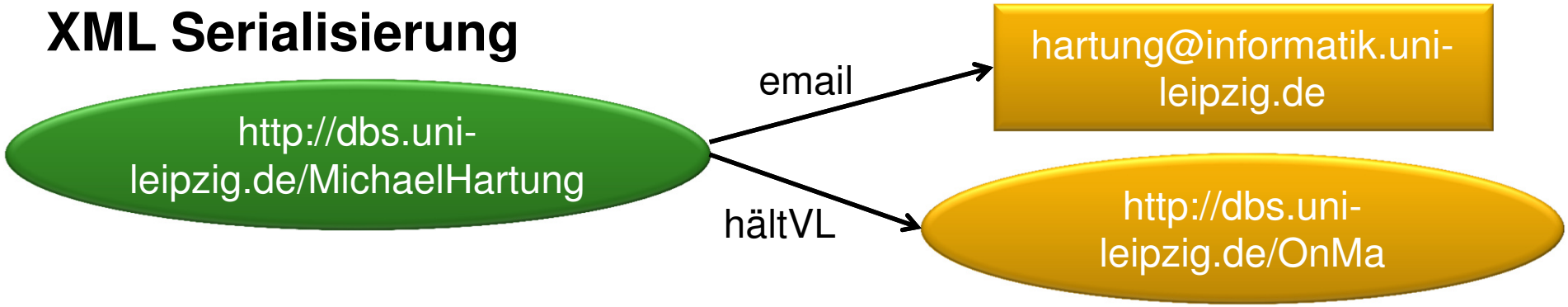



```
<xml version="1.0" encoding="utf-8">
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:pers="http://dbs.uni-leipzig.de/Personen#">
<rdf:Description rdf:about="http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung">
    <pers:email>hartung@informatik.uni-leipzig.de</pers:email>
</rdf:Description>
<rdf:Description rdf:about="http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung">
    <pers:hältVL>
        <rdf:Description rdf:about="http://dbs.uni-leipzig.de/OnMa"></rdf:Description>
    </pers:hältVL>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

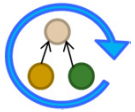



RDF Darstellungsformen

XML Serialisierung

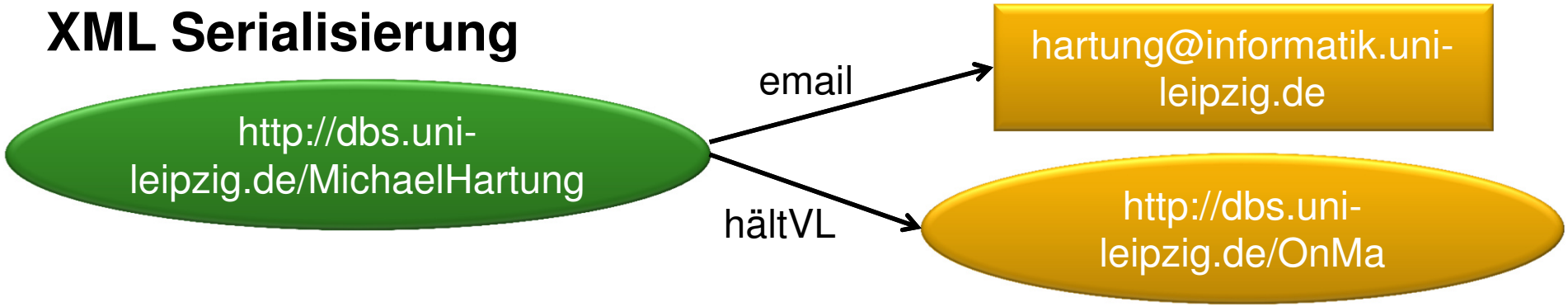



```
<xml version="1.0" encoding="utf-8">
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:pers="http://dbs.uni-leipzig.de/Personen#">

<rdf:Description rdf:about="http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung">
    <pers:email>hartung@informatik.uni-leipzig.de</pers:email>
</rdf:Description>

<rdf:Description rdf:about="http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung">
    <pers:hältVL rdf:resource="http://dbs.uni-leipzig.de/OnMa"  />
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

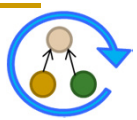



RDF Darstellungsformen

XML Serialisierung



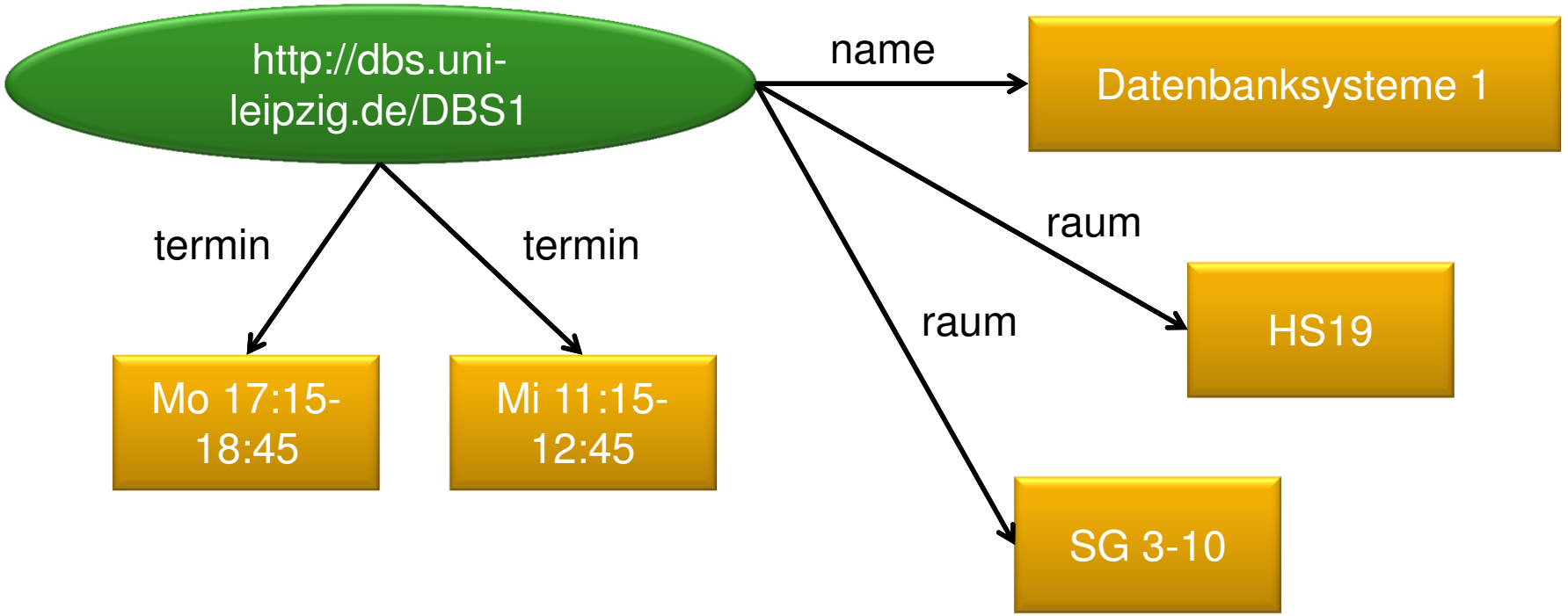

```
<xml version="1.0" encoding="utf-8">
<rdf:RDF xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:pers="http://dbs.uni-leipzig.de/Personen#">

<rdf:Description rdf:about="http://dbs.uni-leipzig.de/MichaelHartung"
            pers:email="hartung@informatik.uni-leipzig.de">
    <pers:hältVL rdf:resource="http://dbs.uni-leipzig.de/OnMa"  />
</rdf:Description>

</rdf:RDF>
```

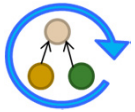



Mehrwertige Beziehungen und leere Knoten

Beispiel

- Lehrveranstaltung mit mehreren Terminen in unterschiedlichen Räumen
- Modellierung in RDF?

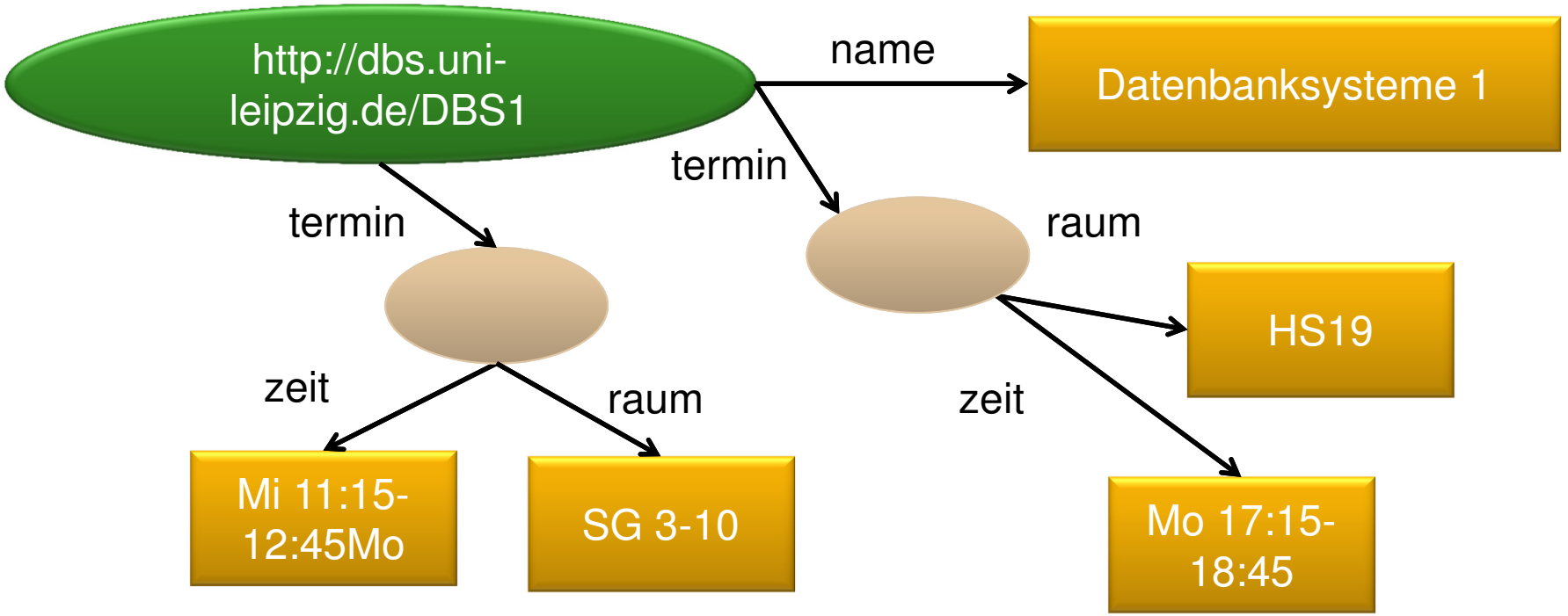


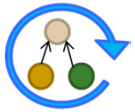


Mehrwertige Beziehungen und leere Knoten

Lösung

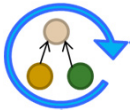
- Leere Knoten (Blank Nodes) können eingeführt werden, um mehrwertige Beziehungen zu modellieren





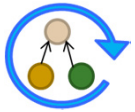
RDF – Listen

- Allgemeine Datenstrukturen zur Aufzählung von beliebigen Ressourcen und Literalen
- Dienen lediglich einer verkürzten Schreibweise (keine zusätzliche semantische Ausdruckskraft)
- Zwei Möglichkeiten
  - *Collections*: geschlossene Listen, d.h. Hinzufügen neuer Elemente nicht möglich
  - *Container*: offene Listen, d.h. Hinzufügen neuer Elemente möglich
    - rdf:Bag: ungeordnete Elementmenge
    - rdf:Seq: geordnete Elementmenge
    - rdf:Alt: Auswahl von Einzelelementen (ein relevantes Element)



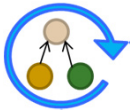
RDF – Eigenschaften, Zusammenfassung

- Unabhängigkeit
  - Jede Property ist Ressource → eigene Properties möglich
- Austauschbarkeit
  - Basis ist XML → leichte Kommunikation möglich
- Skalierbarkeit
  - Statement aus drei Teilen → große Mengen verarbeitbar
- Properties sind Ressourcen
  - Können wiederum eigene Properties haben
- Werte können Ressourcen sein
  - Können wieder eigene Properties haben
- Statements können Ressourcen sein
  - Können wiederum auch eigene Properties haben



RDF – Bewertung

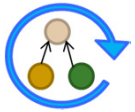
- Weitläufig unterstützter Standard (W3C Recommendation) für Datenarchivierung und Datenaustausch
  - RDF-Tools
  - RDF APIs (Jena, Redland, ...)
  - RDF Stores / Triple-Stores (Virtuoso, Sesame, Oracle...)
  - Grundlage für RSS 1.0, XMP (Adobe), ...
- Ermöglicht weitgehend syntaxunabhängige Darstellung verteilter Informationen in einem graphbasierten Datenmodell
- RDF bietet keine Möglichkeit zur Kodierung von Schemawissen ...



RDF Schema (RDF/S)

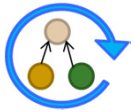
- RDF ermöglicht einfache Aussagen über Ressourcen, Properties und Werte
- Erweiterung von RDF, selbst wiederum in RDF beschrieben
- RDF Schema stellt Mechanismen zur Vorfügung, um ein Vokabular zu definieren:
  - Definition von Klassen (*rdfs:Class*)
  - Anordnung von Klassen in einer Taxonomie (*rdfs:subClassOf*)
  - Zuordnung von Instanzen zu Klassen (*rdf:type*)
  - Definition von Properties (*rdfs:Property*)
  - Taxonomische Anordnung von Properties (*rdfs:subPropertyOf*)
  - Einschränkung von Werten für Properties (*rdfs:domain*, *rdfs:range*)

http://www.w3.org/TR/rdf-schema/



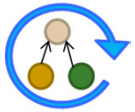
RDF Schemadefintionen

- Durch die Property ***rdf:type*** wird eine Instanz einer Klasse zugeordnet
  - <MichaelHartung> <*rdf:type*> <PostDoc> .
  - <ErhardRahm> <*rdf:type*> <Professor>.
- Eine Ressource wird als Klasse definiert indem man sie mithilfe von ***rdf:type*** der vordefinierten Klasse ***rdfs:Class*** zuordnet
  - <Person> <*rdf:type*> <*rdfs:Class*> .
- Durch ***rdfs:subClassOf*** wird einer Klasse eine Superklasse zugeordnet
  - <Mitarbeiter> <*rdf:subClassOf*> <Person> .
  - <PostDoc> <*rdf:subClassOf*> <Mitarbeiter> .
  - <Professor> <*rdf:subClassOf*> <Mitarbeiter> .



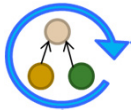
RDF Schemadefintionen

- Um Eigenschaften zu einer Property zu definieren, ordnet man sie der Klasse ***rdf:Property*** zu
  - <verantwortlichFür> <*rdf:type*> <*rdf:Property*> .
  - <hältVL> <*rdf:type*> <*rdf:Property*>.
- Mittels ***rdfs:subPropertyOf*** können Hierarchien für Eigenschaften definiert werden
  - <hältVL> <*rdfs:subPropertyOf*> <verantwortlichFür> .
- Definitions- bzw. Wertebereich einer Property sind über ***rdfs:domain*** / ***rdfs:range*** möglich
  - <verantwortlichFür> <*rdfs:domain*> <Mitarbeiter> .
  - <verantwortlichFür> <*rdfs:range*> <Lehrveranstaltung> .
  - <hältVL> <*rdfs:domain*> <Mitarbeiter> .
  - <hältVL> <*rdfs:range*> <Vorlesung> .



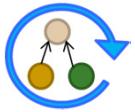
Vordefinierte Klassen in RDF Schema

- **rdfs:Class**
  - Alle Klassen sind Instanzen dieser Klasse
- **rdfs:Resource**
  - Die allgemeinste Klasse, alle anderen Klassen sind Subklassen dieser Klasse
- **rdfs:Literal**
  - Die Klasse aller einfachen Werte, eine Subklasse von rdfs:Resource
- **rdfs:Datatype**
  - Klasse von Datentypen wie Integer, Boolean usw., jede Instanz von rdfs:Datatype ist eine Subklasse von rdfs:Literal
- **rdf:Property**
  - Die Klasse aller Properties



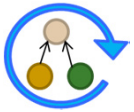
Vordefinierte Properties in RDF Schema

- **rdf:type**
  - Ordnet eine Instanz einer Klasse zu
- **rdfs:subClassOf**
  - Subklassen-Beziehung: Eine Klasse K ist Subklasse einer anderen Klassen K' genau dann, wenn alle Instanzen von K auch Instanzen von K' sind
- **rdfs:range**
  - Ordnet einer Property eine Klasse möglicher Werte zu (Wertebereich)
- **rdfs:domain**
  - Ordnet einer Property eine Klasse von Ressourcen zu, die diese Property haben können (Definitionsbereich)



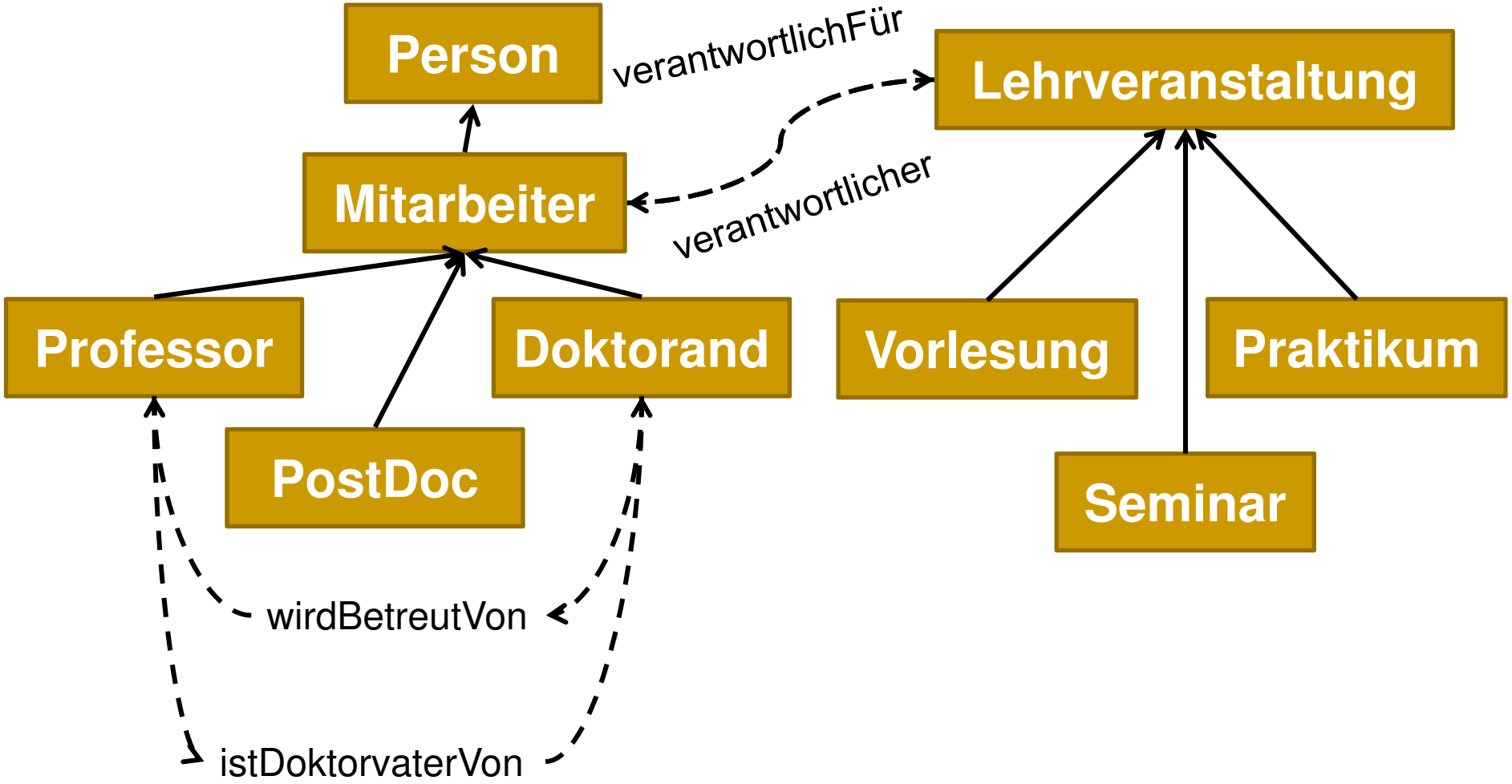
Vordefinierte Properties in RDF Schema

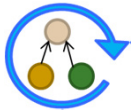
- **rdfs:subPropertyOf**
  - Eine Property P ist Subproperty einer anderen Property P' genau dann, wenn alle Ressourcen, die in Eigenschaft P zueinander stehen, auch in Eigenschaft P' , zueinander stehen
- **rdfs:label**
  - für den Menschen verständlicher Bezeichner
- **rdfs:comment**



Gesamtbeispiel – RDF Schema

- Rückgriff: „Ontologie“ für Lehrstühle





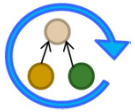
Klassen und Klassenhierarchie

<Person> <rdf:type> <rdfs:Class> .
<Mitarbeiter> <rdf:type> <rdfs:Class> .
<Professor> <rdf:type> <rdfs:Class> .
<PostDoc> <rdf:type> <rdfs:Class> .
<Doktorand> <rdf:type> <rdfs:Class> .

<Lehrveranstaltung> <rdf:type> <rdfs:Class> .
<Vorlesung> <rdf:type> <rdfs:Class> .
<Seminar> <rdf:type> <rdfs:Class> .
<Praktikum> <rdf:type> <rdfs:Class> .

<Mitarbeiter> <rdfs:subClassOf> <Person> .
<Professor> <rdfs:subClassOf> <Mitarbeiter> .
<PostDoc> <rdfs:subClassOf> <Mitarbeiter> .
<Doktorand> <rdfs:subClassOf> <Mitarbeiter> .

<Vorlesung> <rdfs:subClassOf> <Lehrveranstaltung> .
<Seminar> <rdfs:subClassOf> <Lehrveranstaltung> .
<Praktikum> <rdfs:subClassOf> <Lehrveranstaltung> .

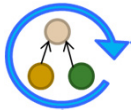


Properties

```
<verantwortlichFür> <rdf:type> <rdf:Property> .
<verantwortlicher> <rdf:type> <rdf:Property> .
<istDoktorVaterVon> <rdf:type> <rdf:Property> .
<wirdBetreutVon> <rdf:type> <rdf:Property> .
```

```
<verantwortlichFür> <rdfs:domain> <Mitarbeiter> .
<verantwortlichFür> <rdfs:range> <Lehrveranstaltung> .
<verantwortlicher> <rdfs:domain> <Lehrveranstaltung> .
<verantwortlicher> <rdfs:range> <Mitarbeiter> .
```

```
<istDoktorVaterVon> <rdfs:domain> <Professor> .
<istDoktorVaterVon> <rdfs:range> <Doktorand> .
<wirdBetreutVon> <rdfs:domain> <Doktorand> .
<wirdBetreutVon> <rdfs:range> <Professor> .
```

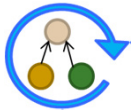



Instanziierung

<Rahm> <rdf:type> <Professor> .
<Hartung> <rdf:type> <PostDoc> .
<Arnold> <rdf:type> <Doktorand> .
<Groß> <rdf:type> <Doktorand> .
<Köpcke> <rdf:type> <Doktorand> .
<Kolb> <rdf:type> <Doktorand> .
<Maßmann> <rdf:type> <Doktorand> .

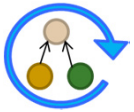
<DBS1> <rdf:type> <Vorlesung> .
<IDBS1> <rdf:type> <Vorlesung> .
<OnMa> <rdf:type> <Vorlesung> .
<DWH-Prak> <rdf:type> <Praktikum> .
...

<Rahm> <verantwortlichFür> <DBS1> .
<Hartung> <verantwortlichFür> <OnMa> .
<Groß> <wirdBetreutVon> <Rahm> .
...



RDFS Zusammenfassung

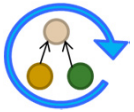
- RDF Schema spezifiziert ein Datenmodell, über das RDF-Statements entworfen werden können
- Mehr als XML:
  - (kleine) ontologische Einigung auf Modellierungsprimitive
  - Möglichkeit eigene Vokabulare zu definieren
- Nächste Schritte:
  - mehr Logik
  - Regeln, Einschränkungen und Abhängigkeitsbeziehungen



Web Ontology Language (OWL)

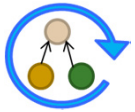
- OWL ist eine Ontologie-Beschreibungssprache
  - OWL geht über RDF Schema hinaus
  - Syntax von OWL ist RDF
- Konstrukte beschrieben in http://www.w3.org/2002/07/owl
  - OWL 1 W3C Recommendation seit 2004
  - Neuer Standard seit 2009: OWL 1.1/ OWL 2
- Ausgewählte Konstrukte von OWL:

minCardinality
SymmetricProperty
equivalentClass
unionOf
complementOf
InverseFunctionalProperty
equivalentProperty
intersectionOf
FunctionalProperty
allValuesFrom
sameIndividualAs
differentFrom
inverseOf
someValuesFrom
allDifferent
disjointWith
TransitiveProperty
maxCardinality



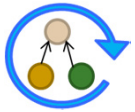
Limitierungen von RDF Schema

- Lokale Eigenschaften
  - rdfs:range definiert Wertebereich einer Property für alle Klassen (z.B. <Tier> <isst> <Nahrung>)
  - Nicht möglich Einschränkungen zu spezifizieren, die nur auf bestimmte Klassen zutreffen
  - <Pflanzenfresser> und <Fleischfresser> als Subklassen von <Tier> sowie <Pflanze> / <Fleisch> von <Nahrung>
    - Problem: Pflanzenfresser sollten nur Pflanzen essen !!
- Kardinalitätsrestriktionen
  - Spezifikation von Kardinalitäten nicht möglich
    - eine Person hat exakt zwei Eltern
    - eine Lehrveranstaltung wird von mindestens einem Dozenten gehalten



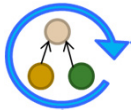
Limitierungen von RDF Schema

- Spezielle Charakteristiken von Eigenschaften
  - Transitivität (z.B. „ist größer als“)
  - Eindeutigkeit (z.B. „ist Mutter von“)
  - Inverse (z.B. „isst“ ←→ „wird gegessen“)
- Disjunktion
  - Spezifikation von Subklassen möglich jedoch ohne Angabe von Disjunktheiten
    - Pflanzenfresser / Fleischfresser als disjunkte Subklassen von Tier
- Mengenoperationen
  - Nutzung von Mengenoperationen (Union, Intersect, ...) um neue Klassen zu erzeugen
    - Pflanzenfresser sind *alle Tiere* die *lediglich Pflanze als Nahrung* aufweisen
    - Doktoranden / PostDocs / Professoren ergeben alle Mitarbeiter



Drei Ausprägungen von OWL

- W3C OWL Working Group spezifizierte drei Subsprachen von OWL
- Jede Sprache zielt auf andere Aspekte / Anforderungen ab
  - OWL Full
    - Alle OWL Konstrukte erlaubt, Kombination mit RDF/S möglich
    - So ausdrucksstark, dass es unentscheidbar ist
  - OWL DL
    - Korrespondenz mit Description Logic, eingeschränkte Nutzung von Konstrukten, dadurch effizientes Reasoning möglich
    - Verlust der Kompatibilität mit RDF
  - OWL Lite
    - Weitere Restriktionen: keine Disjunktheit, beliebige Kardinalitäten
    - Leichter verständlich und umsetzbar
    - Ausdrucksstärke reduziert

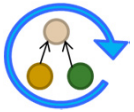


Klassen

- Definition über **owl:Class**
  - **owl:Class** ist Subklasse von **rdfs:Class**
  - Subklassenbeziehungen wie in RDF/S
- Disjunktion mittels **owl:disjointWith**

```
<owl:Class rdf:about="#Doktorand">
        <rdf:subClassOf rdf:resource="#Mitarbeiter"/>
        <owl:disjointWith rdf:resource="#PostDoc"/>
        <owl:disjointWith rdf:resource="#Professor"/>
</owl:Class>
```

- Äquivalenz von Klassen durch **owl:equivalentClass** / **owl:sameAs**
- Zwei Spezialklassen: **owl:Thing**, **owl:Nothing**



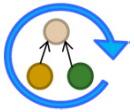
Properties

- **Zwei Typen von Properties**
- **Object Properties**
  - Beziehungen zwischen zwei Objekten
  - „verantwortlichFür“:

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="verantwortlichFür">
        <rdfs:domain rdf:resource="#Mitarbeiter"/>
        <rdfs:range rdf:resource=
        "#Lehrveranstaltung"/>
</owl:ObjectProperty>
```

- **Datatype Properties**
  - Zuordnung von einfachen Attributwerten
  - „age“:

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="age">
        <rdfs:range
        rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema
        #nonNegativeInteger"/>
</owl:DatatypeProperty>
```

Weitere Charakteristiken für Properties

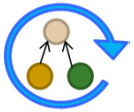
- Inverse durch **owl:inverseOf**

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="verantwortlicher">
        <rdfs:domain rdf:resource= "#Lehrveranstaltung"/>
        <rdfs:range rdf:resource="#Mitarbeiter"/>
        <owl:inverseOf rdf:resource="#istVerantwortlichFür"/>
</owl:ObjectProperty>
```

- Äquivalente Properties mit **owl:equivalentProperty**

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID=„wirdGeleitetVon">
        <owl:equivalentProperty rdf:resource="#verantwortlicher"/>
</owl:ObjectProperty>
```

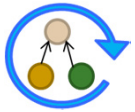
- Weitere
  - **owl:TransitiveProperty**
  - **owl:SymmetricProperty**
  - **...**



Restrictions und Kardinalitäten

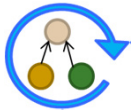
- Restrictions
  - für eine Property in Bezug auf eine Klasse
- Kardinalität
  - **owl:cardinality** für exakte Anzahl
  - **owl:minCardinality**, **owl:maxCardinality** für untere und obere Grenze

```
<owl:Class rdf:about="#Doktorand">
        <rdfs:subClassOf>
        <owl:Restriction>
                <owl:onProperty rdf:resource="#wirdBetreutVon"/>
                <owl:cardinality
                        rdf:datatype=" http://www.w3.org/2001/XMLSchema
                                #nonNegativeInteger ">1</owl:cardinality>
        </owl:Restriction>
        </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

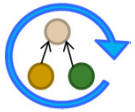
Mengenoperationen für neue Klassen

- Vereinigung: **owl:unionOf**
  - Die Klasse *AlleMitarbeiter* ist die Vereinigung der Klassen *Professor*, *PostDoc* sowie *Doktorand*
- Durchschnitt: **owl:intersectionOf**
  - Die Klasse *Pflanzenfresser* ist der Durchschnitt der Klasse *Tier* und der Klasse aller Objekte die lediglich den Wert *Pflanzen* für die Property *isst* aufweisen
- Komplement: **owl:complementOf**
  - Selektiert alle Individuen einer Domäne, die nicht Mitglied einer bestimmten Klasse sind
- Aufzählung: **oneOf**
  - Definition einer Klasse durch Aufzählung aller Individuen, die Mitglieder der Klasse sind



Zusammenfassung OWL

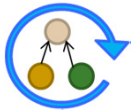
- Vorgeschlagener Standard zur Definition von Ontologien im Semantic Web
- Baut auf RDF und RDF Schema auf
  - Syntax von RDF wird genutzt
  - Instanziierung mittels RDF Beschreibungen
  - Wiederverwendung einiger RDFS Konstrukte
- Drei Subsprachen je nach Anforderung und Applikation
- Open World Assumption
  - „Absence of information is not interpreted as negative information.“
- Keine Unique Name Assumption
  - Person1 und Person2 sind nicht notwendigerweise verschiedene Instanzen



Open Biomedical Ontologies (OBO)

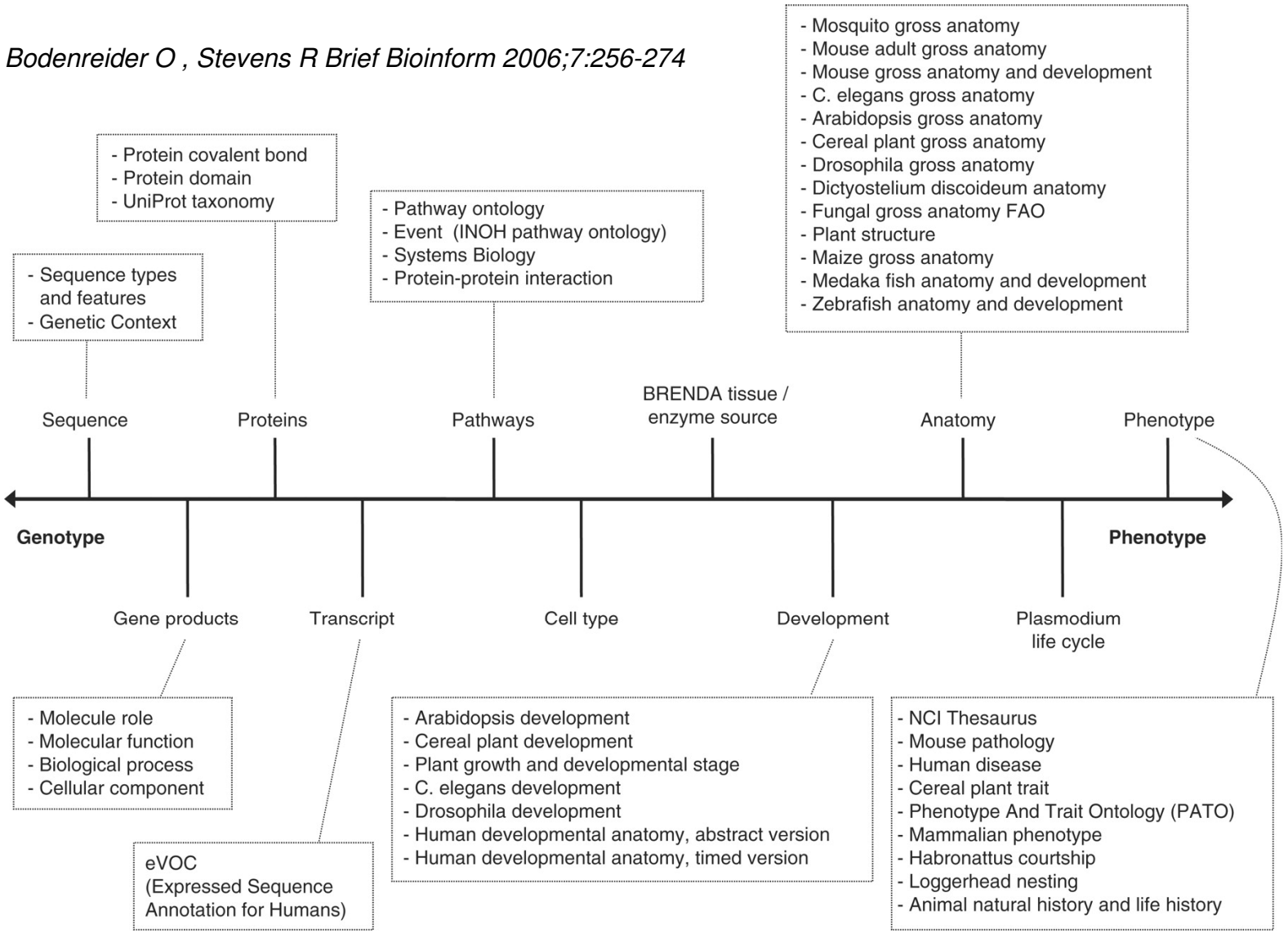
- **OBO Foundry (http://obofoundry.org/)**
  - Infrastruktur zum Austausch/Entwicklung/Diskussion von Bioontologien
  - Ziel: keine Doppelentwicklungen (orthogonale Ontologien)
  - Prinzipien: offen, eine gemeinsame Syntax, Versionierung, kollaboratives Entwickeln, ...

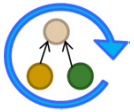
- **Gemeinsame Ontologiesprache (OBO Format)**
  - Einfaches, verständliches Flatfile Format
  - Auf Anwender/Nutzer aus den Lebenswissenschaften zugeschnitten



Spektrum von OBO Ontologien

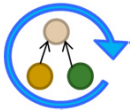
Bodenreider O , Stevens R Brief Bioinform 2006;7:256-274





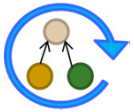
OBO Format – Übersicht

- **OBO Flat File**
  - Grundprinzip: Attribut-Wert Notation
  - Jede Zeile entspricht einem Fakt
- **Header**
  - Administrative Informationen (Version, Entwickler, Erstellungsdatum, Tool, Namespace, ...)
- **OBO Stanzas**
  - *[Term]*: Zur Definition eines Terms (Klasse) samt Eigenschaften
  - *[TypeDef]*: Spezifikation von Beziehungstypen, welche verwendet werden können
  - *[Instances]*: Instanzen zur Ontologie



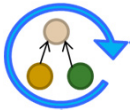
OBO Beispiel Mouse Anatomy

```
format-version: 1.2
date: 15:07:2011 12:49
saved-by: terryh
auto-generated-by: OBO-Edit 2.1-beta13
default-namespace: adult_mouse_anatomy.gxd

[Term]
id: MA:0000001
name: mouse anatomical entity
synonym: "mouse anatomy" RELATED []

[Term]
id: MA:0000002
name: spinal cord grey matter
is_a: MA:0001112 ! grey matter
relationship: part_of MA:0000216 ! spinal
cord

...
```

Klassen (Terme) in OBO

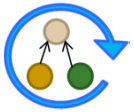
- **Definition von Klassen/Termen**
  - [Term]-Stanza leitet Term ein
  - Vorgegebene Menge von Attributen
    - *id*: eindeutiger Identifizierer (accession number)
    - *name*: menschenlesbarer Name
    - *def*: präzise Definition (optional), evtl. mit Quellenangabe untersetzt
    - *is_a*: Subklassenbeziehungen zu anderen Termen
    - *relationship*: Weitere (sonstige) Beziehungen
    - *synonym*: Synonyme für den Term (mit Scope: EXACT, BROAD, NARROW, RELATED)
    - Weitere: *xref* (Querbeziehungen zu externen Quellen), *comment* (Kommentare), is_*obsolete* (Veraltetstatus), ...



Klassen (Terme) in OBO - Beispiel

- **Lehrveranstaltungen**

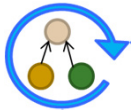
```
[Term]
id: DB:1
name: Lehrveranstaltung
def: "Unterrichtseinheit im Rahmen des
Studiums."

[Term]
id: DB:2
name: Vorlesung
is_a: DB:1 ! Lehrveranstaltung
synonym: "VL" EXACT

...
```

Definition weiterer Beziehungstypen

- **Im Allgemeinen nur is_a als Beziehung**
  - Wichtigster Beziehungstyp, daher vorgegeben
- **Weitere Beziehungstypen müssen angegeben (definiert) werden**
- **Stanza [Typedef]**
  - *id*: eindeutiger Identifier
  - *name*: Name der Beziehung
  - *xref*: Querverweis auf andere Ontologie
  - *is_transitive*: Transitivitätseigenschaft

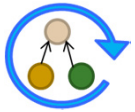
```
[Typedef]
id: wirdBetreutVon
name: wirdBetreutVon
is_transitive: false
```

Beispiel mit mehreren Beziehungstypen

- **Mitarbeiter**

```
[Term]
id: DB:5
name: Mitarbeiter

[Term]
id: DB:6
name: Doktorand
is_a: DB:5 ! Mitarbeiter
relationship: wirdBetreutVon DB:7 ! Professor

[Term]
id: DB:7
name: Professor
is_a: DB:5 ! Mitarbeiter

[Term]
id: DB:8
name: PostDoc
is_a: DB:5 ! Mitarbeiter
```

Zusammenfassung

- **Ontologiesprachen**
  - Umsetzung von Ontologien
  - Verschiedene Sprachen verfügbar
  - Mehr oder weniger Ausdrucksstärke (Was wird unterstützt oder nicht)
  - Domänenabhängig: welche Sprache wird wo akzeptiert
- **F-Logic**
  - Logik- bzw. objektorientiert
- **RDF/RDFS/OWL**
  - Semantic Web
- **OBO**
  - Lebenswissenschaften