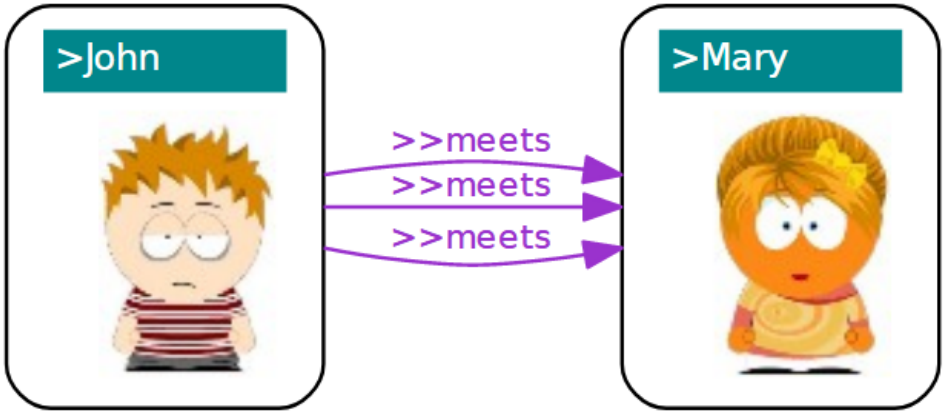
Sind RDF und Labeled Property Graphs hinreichend für die Entwicklung von Semantic Web Anwendungen?

[ontology4.us]

- Dipl.-Inform. Hermann Bense
  hb@bense.com

  ontology4.us
  schematik.de
  predicator.name
  schreib-maschine.info

  [bense.com] Verlagsgesellschaft
  für Digitales Publizieren GmbH
  Schwarze-Brüder-Straße 1
  44137 Dortmund



- Mmmh – hier fehlt was?!

Agenda

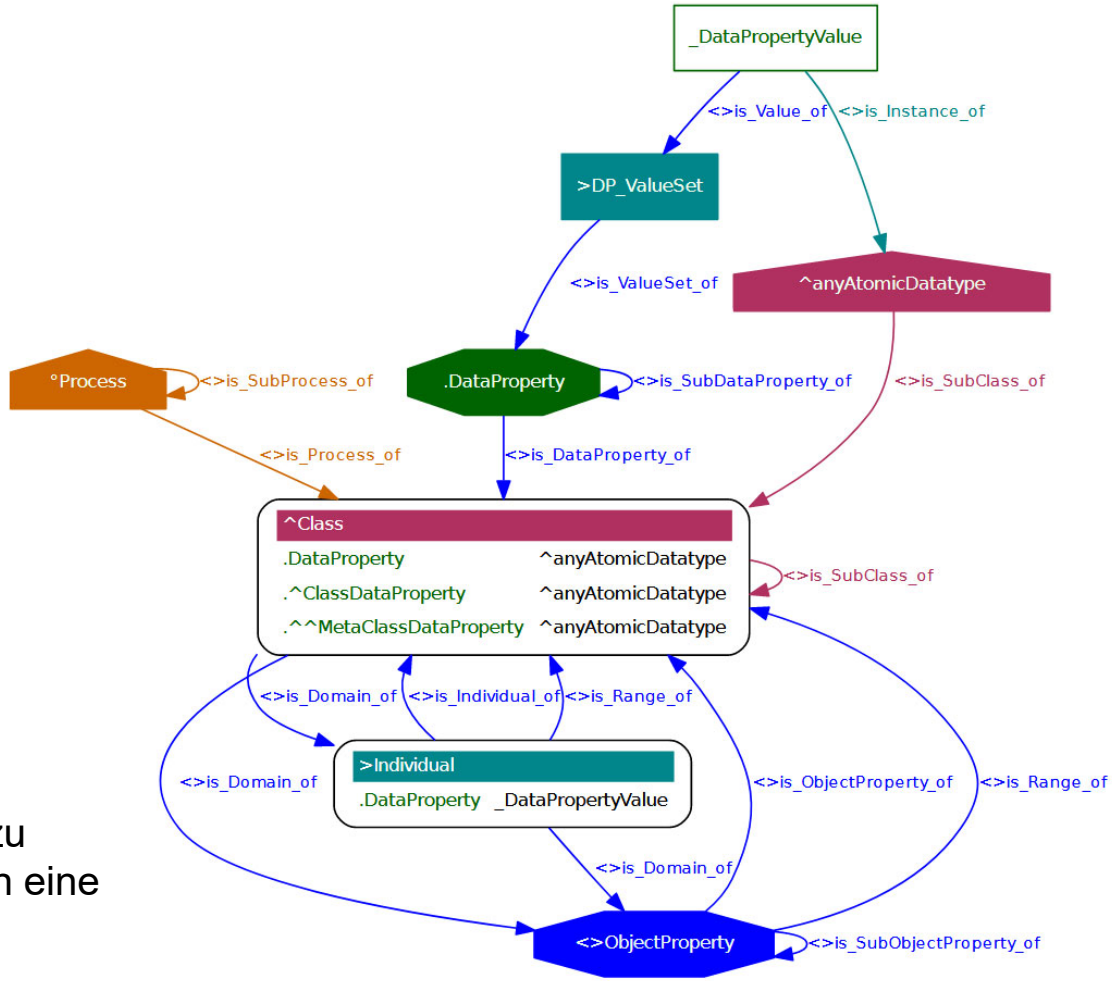
- **Was sind Labeled Property Graphs (LPGs)?**
- **Was unterscheidet sie von Knowledge Graphs?**
- **Wie kann man n-ary Relations und LPGs mit Instanzen von Object Properties (Relatoren) modellieren?**
- **Wann ist es sinnvoll / nicht sinnvoll LPGs zu verwenden?**
- **Wann muss/kann man n-ary Relations verwenden und in welcher Beziehung stehen sie zu LPGs?**
- **Anwendung von Singletons als Instanzen von Object Properties: Lassen sich damit alle Anforderung an LPGs vollständig erfüllen?**
- **Reicht der RDF/OWL Standard aus für die Modellierung von Meta-Klassen und Labeled Property Graphs (LPGs)?**
  - Kann die RDF/OWL Standards über die Anwendung und Ansprüche für das Semantic Web hinaus auch für die Objektorientierte Anwendungsentwicklung heranziehen?
  - Warum sollten Object Properties als First-class-Citizens behandelt werden?
- **Welche Konsequenzen hat das für die Weiterentwicklung des RDF-Standards?**

UMO - Upmost Meta Ontology
Notation für Graph Visualization (GV)

[ontology4.us]

- Classes are the prime modeling entities and aggregate Data- & Object properties
- AtomicType: String, Number, Boolean, Date, Time, anyURI …
  - .Cityname: ^String
- VSet (.CityName) = {Berlin, Hamburg, London, Tokio …}
- Individuals are instantiated from Classes and aggregate Values from VSets
- Hierarchies built by Relationship Types <>SubClass, <>SubObjectProperty, <>SubDataProperty
- Domain and Ranges of Relationship-Types can be Classes or Individuals

ACHTUNG: Die UMO dient ausschließlich dazu, die syntaktische Korrektheit von konkreten Ontologien zu definieren und zu überprüfen. Sie ist also sozusagen eine Blaupause für die Ausprägung von Ontologien.

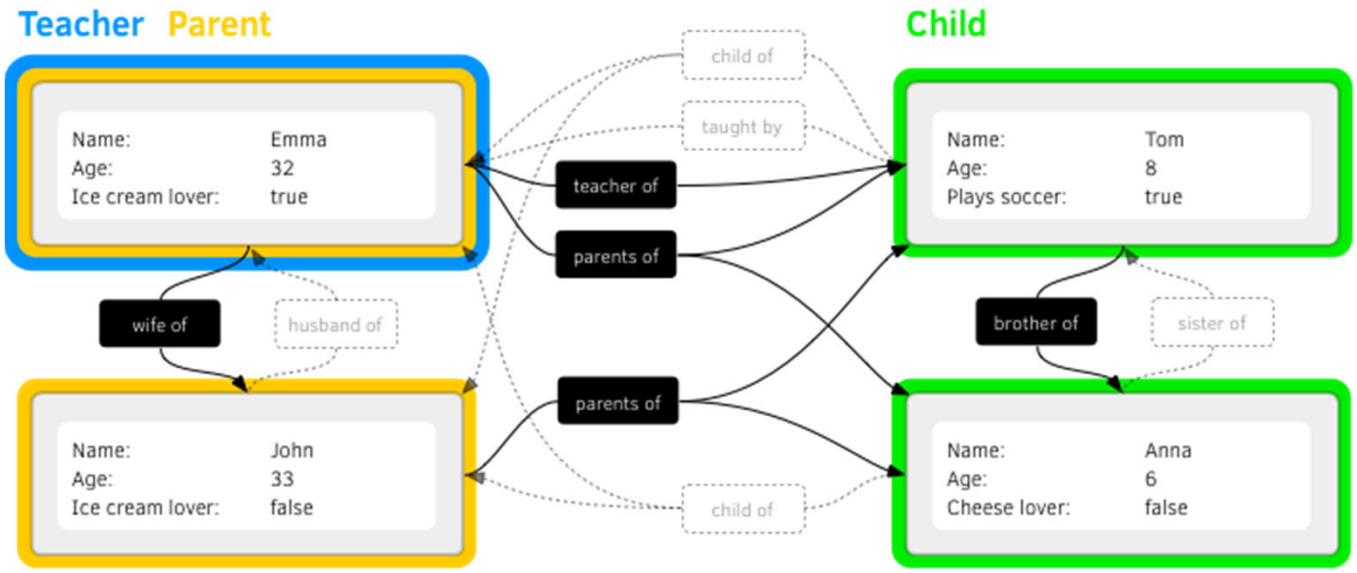


- [Bens2014] Hermann Bense, The Unique Predication of Knowledge Elements and their Visualization and Factorization in Ontology Engineering , 2014, IOS Press, Amsterdam, in [GaKu2014], pp. 241-250
- [GaKu2014], Pawel Garbacz, Oliver Kutz (Editors), Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the Eighth International Conference (FOIS 2014), Rio de Janeiro, Brazil, Sept. 22-25, 2014 , 2014, IOS Press, Amsterdam, ISBN 978-1-61499-437-4
- [SPOTL], SPOTL: The internal schema for storing atomic knowledge entities (Download: https://www.ontology4.us/english/Ontologies/Upper-Ontologies/SPOTL/index.html)

Was sind Labeled Property Graphs (LPG)?

- Definition von Lekschas:

"The **labeled property graph model** consists of a set of **nodes** V (sometimes called vertices or knowledge subjects) and **edges** E (sometimes called arcs or links). An edge is always related to exactly two nodes with a fixed direction from a start to an end node, defining the property graph as a directed graph. [...] Both, nodes and edges, can store a set of key-value pairs, called properties and nodes can be tagged with labels additionally. Neo4J refers to edges as relationships"

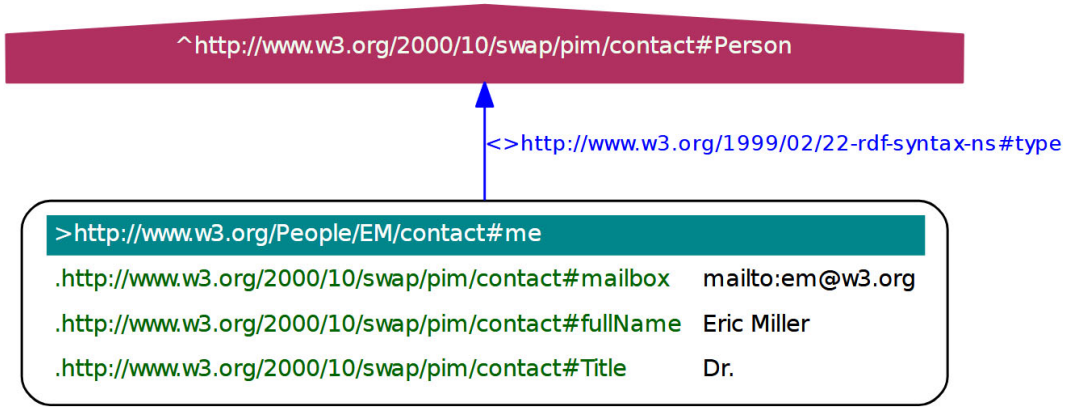


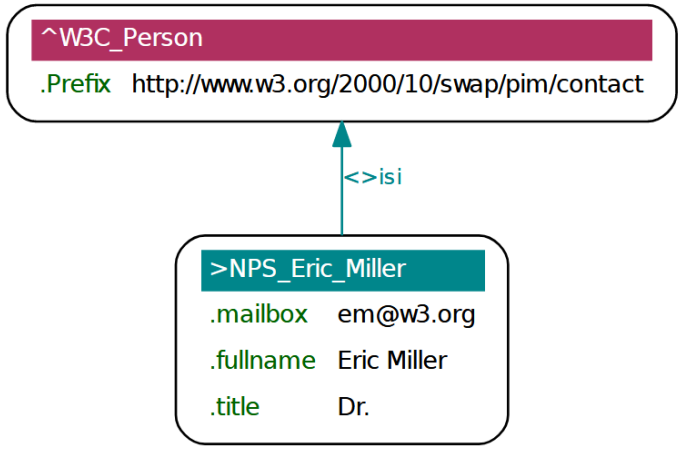
- Fritz Lekschas 2015: What is a labeled property graph? 2 Sep 2015 Online https://github.com/flekschas/owl2neo4j/wiki/What-is-a-labeled-property-graph%3F . Accessed 24/11/2020

Was sind RDF Graphs bzw. Knowledge Graphs?

1	^W3C_Person	.Prefix	contact
2	>NPS_Eric_Miller	<>isi	^W3C_Person
3	>NPS_Eric_Miller	.mailbox	em@w3.org
4	>NPS_Eric_Miller	.fullname	Eric Miller
5	>NPS_Eric_Miller	.title	Dr.

- Die Kanten von **RDF Graph** enthalten immer eine vollständige URI/IRI
- **Knowledge Graphs** werden durch (s,p,o)-Tripel repräsentiert

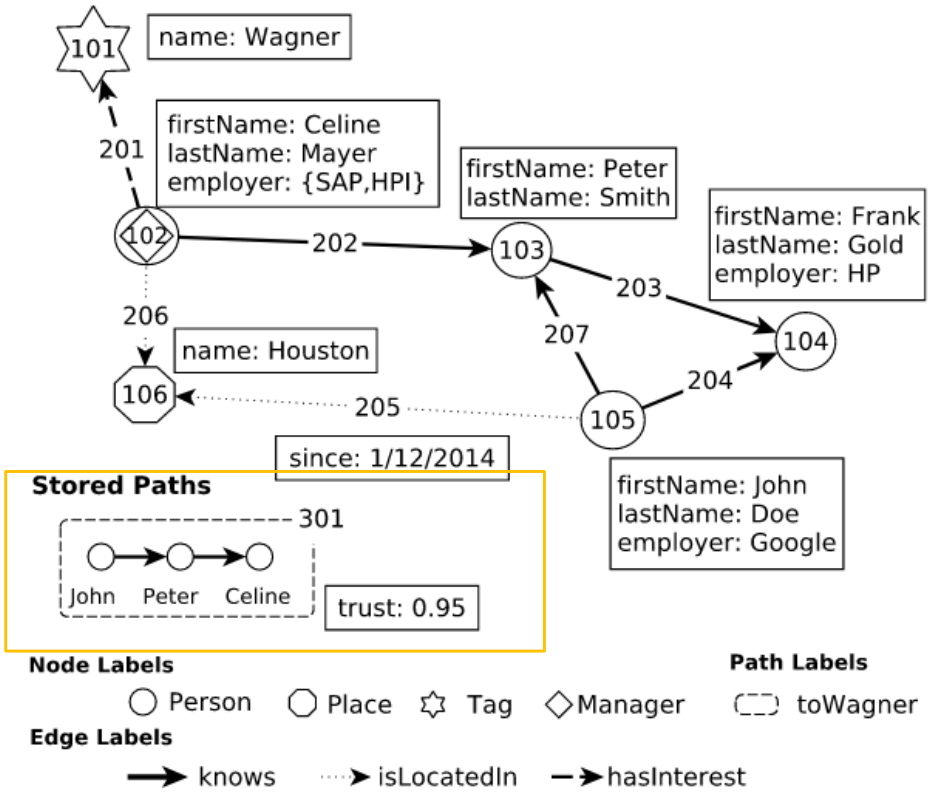




- Graph Visualisierung (GV) nach [Bens2014]

- [RDFLPG] Jesus Barrasa, RDF Triple Stores vs. Labeled Property Graphs: What's the Difference? (Download: https://dzone.com/articles/rdf-triple-stores-vs-labeled-property-graphs-whats)
- [Bens2014] Hermann Bense, The Unique Predication of Knowledge Elements and their Visualization and Factorization in Ontology Engineering , 2014, IOS Press, Amsterdam, in [GaKu2014], pp. 241-250

Was unterscheidet Labeled Property Graphs (LPGs) von Knowledge Graphs?

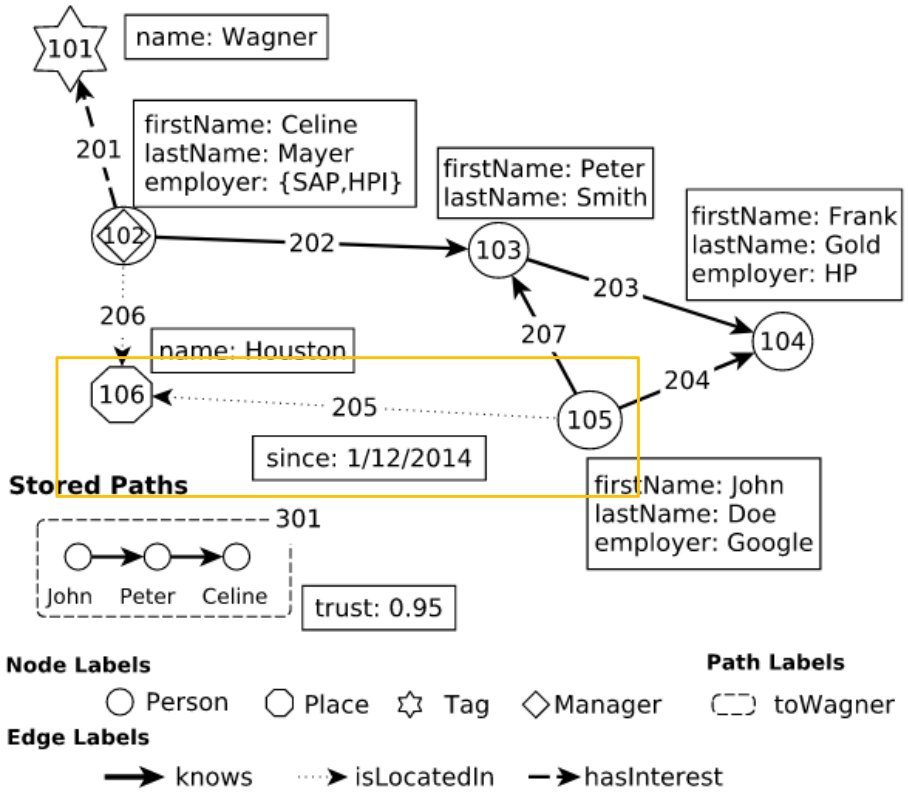


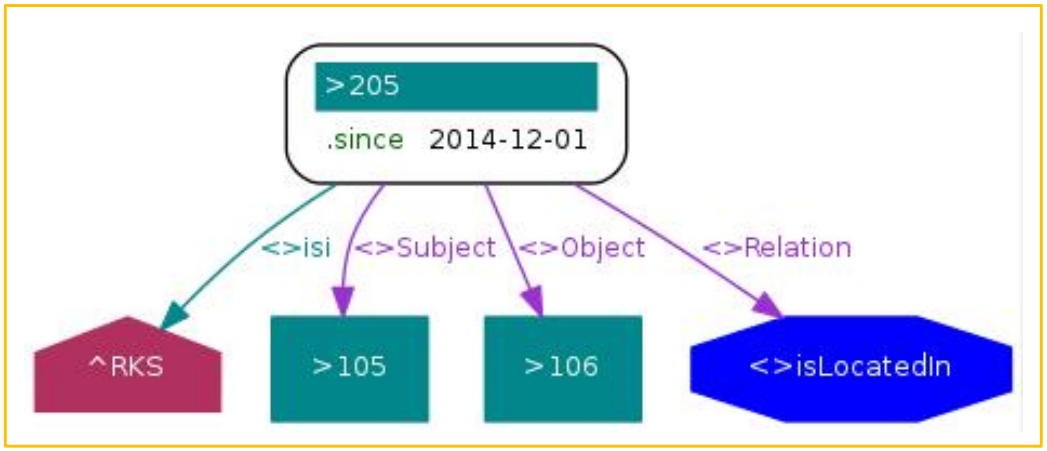
- Typische Graph Visualisierung (GV) von LPGs
- Möglichkeit der Bildung von "Stored Paths"

- [AnAr2017] Renzo Angles, Marcelo Arenas, Pablo Barcelo, Peter Boncz, George Fletcher, Claudio Gutierrez, Tobias Lindaaker, Marcus Paradies, Stefan Plantikow, Juan Sequeda, Oskar van Rest, Hannes Voigt, G-CORE - A Core for Future Graph Query Languages, Manuscript submitted to ACM (Download: https://arxiv.org/pdf/1712.01550.pdf)

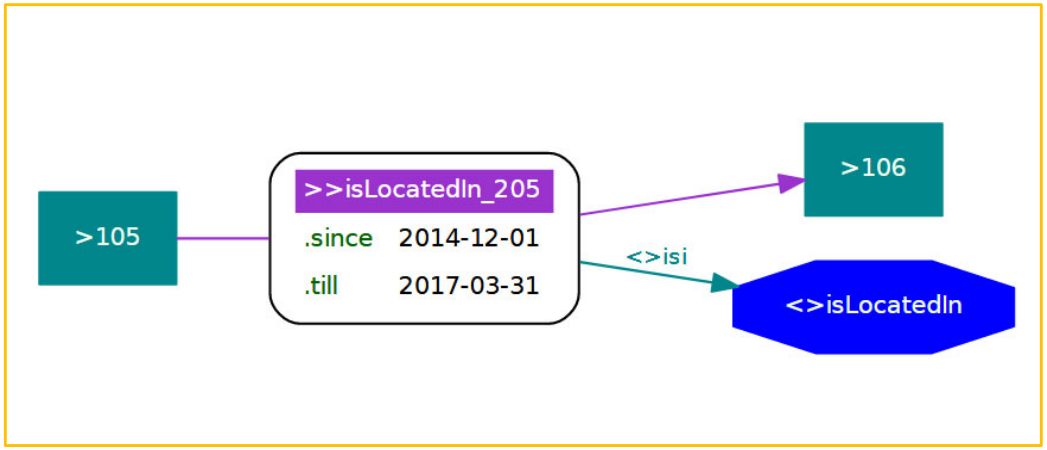
LPG von G-CORE
Modellierung mit Reification oder Singleton Approach

[ontology4.us]





- Modellierung mit Reification
- Richtung nur erkennbar an <>Subject/<>Object-Rolle



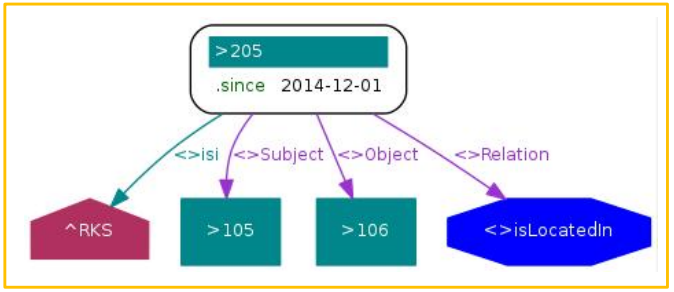
- Modellierung mit Singleton Approachs
- Mit gerichteter Kante zwischen >105 und >106

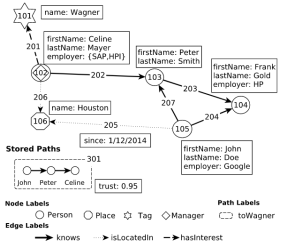
- [AnAr2017] Renzo Angles, Marcelo Arenas, Pablo Barcelo, Peter Boncz, George Fletcher, Claudio Gutierrez, Tobias Lindaaker, Marcus Paradies, Stefan Plantikow, Juan Sequeda, Oskar van Rest, Hannes Voigt, G-CORE - A Core for Future Graph Query Languages, Manuscript submitted to ACM (Download: https://arxiv.org/pdf/1712.01550.pdf)

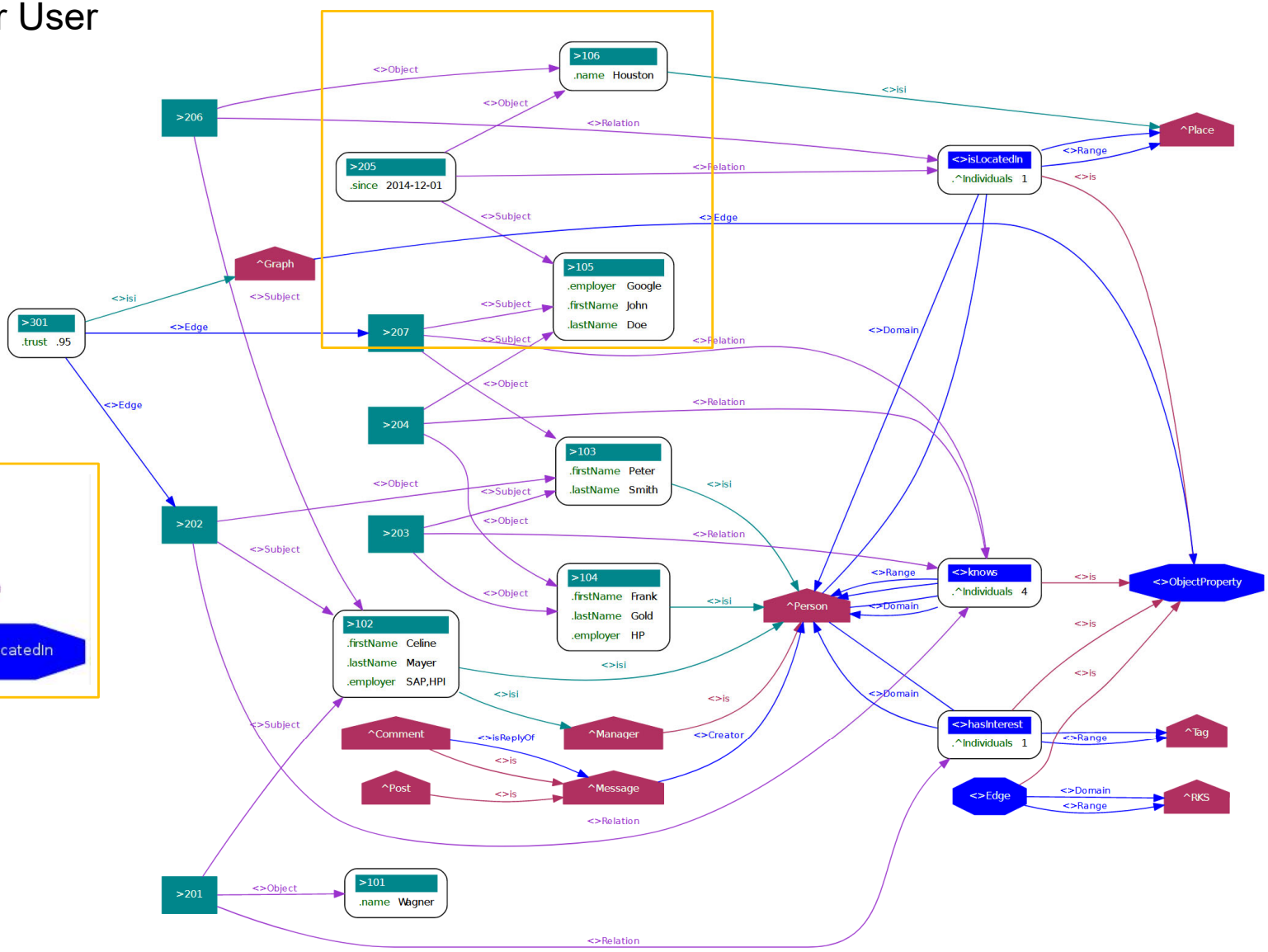
LPG von G-CORE
Modellierung mittels Reification

[ontology4.us]

- Weniger transparent für User
- Komplexere Queries





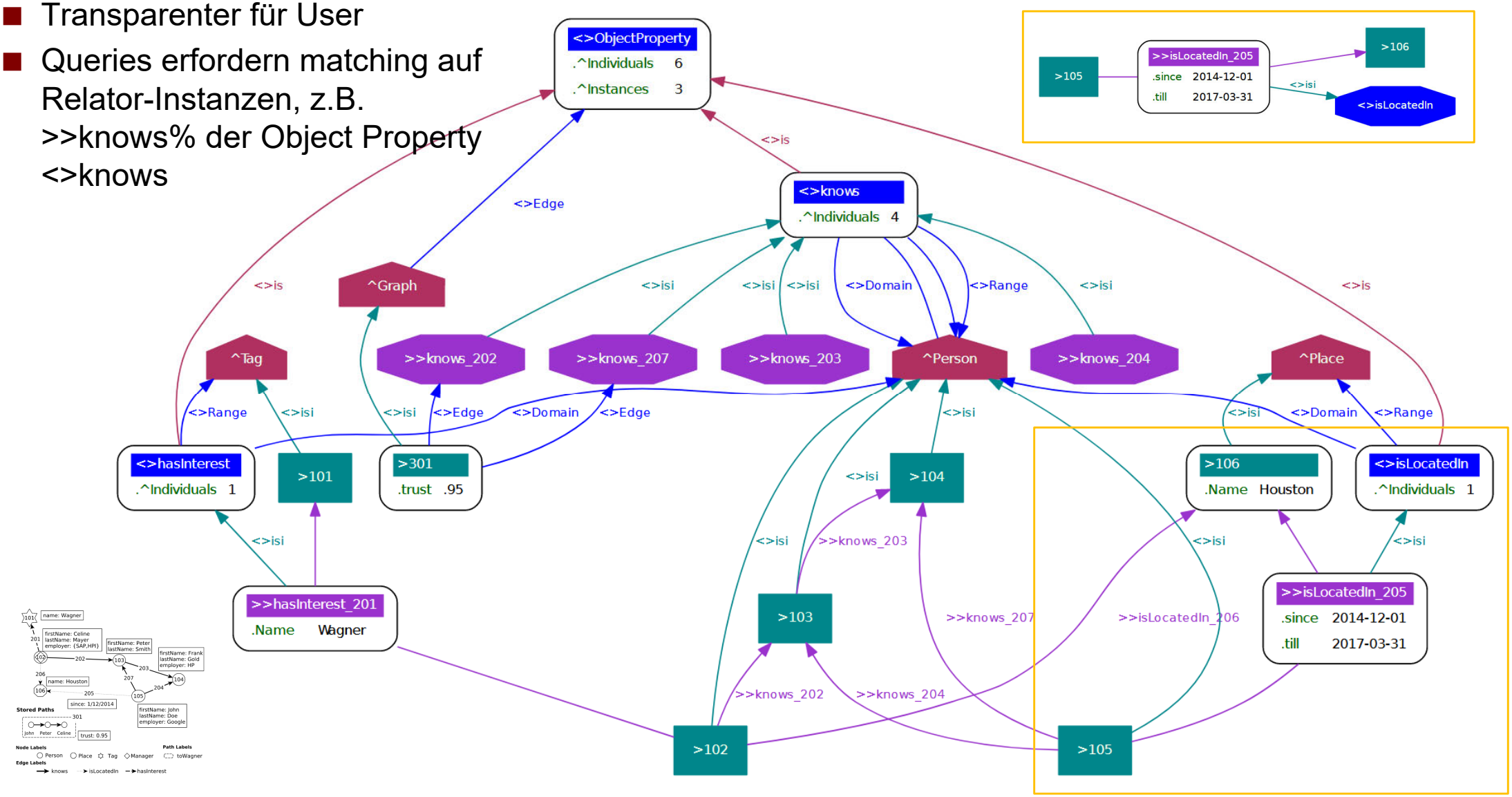


- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

LPG von G-CORE
Modellierung mittels Singleton Approach

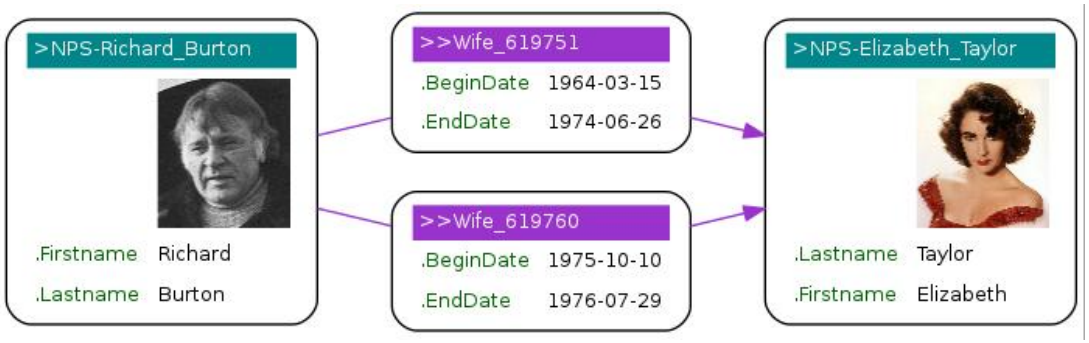
[ontology4.us]

- Transparenter für User
- Queries erfordern matching auf Relator-Instanzen, z.B. >>knows% der Object Property <>knows



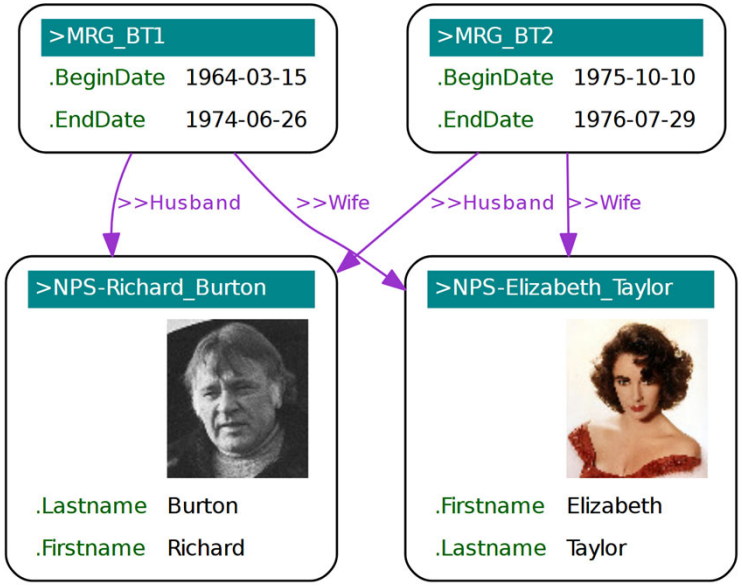
- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

Wie kann man n-ary Relations und LPGs mit Instanzen von Object Properties (Relatoren) modellieren?



- Modelliert als gerichtete LPGs mit Singleton Approach
- Vorteil: transparentere Graph Visualisierung (GV)
- Nachteil: nur eine Richtung (<>Wife) abgebildet
- Führt zur redundanten Speicherung und Asymmetrie von Queries
- Queries müssen auf Instanzen von Object Properties matchen, z.B. “>>Wife%”

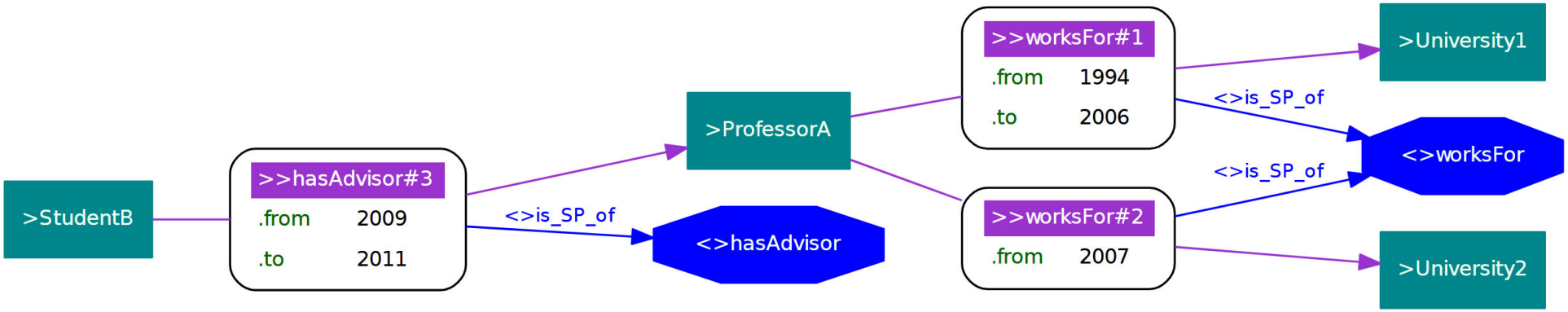
- Die beiden Heiraten von “Elisabeth Taylor” und “Richard Burton”



- Modelliert als n-ary Relatoren >MRG_BT1 und >MRG_BT2
- Nachteil : un-transparentere Graph Visualisierung (GV), da Richtung fehlt
- Vorteile:
  - beide Richtungen <>Wife und <>Husband redundanzfrei abgebildet
  - Symmetrische Queries:
    (?, >>Wife, >NPS_Elizabeth_Taylor)
    (?, >>Husband, >NPS_Richard_Burton)

- Fritz Lekschas 2015: What is a labeled property graph? 2 Sep 2015 Online https://github.com/flekschas/owl2neo4j/wiki/What-is-a-labeled-property-graph%3F . Accessed 24/11/2020

Wie kann man LPGs mit Instanzen von Object Properties (Relatoren) modellieren?



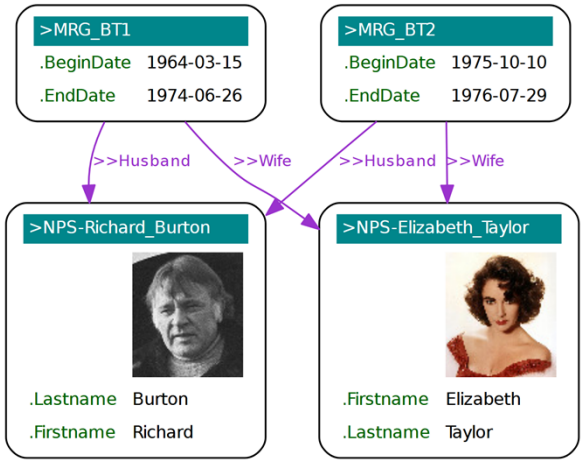
- <>works_for und <>has_Advisor sind klassische Object Properties mit Domain (^Person) und Range (^Person, ^University)
- In (>StudentB, **>>has Advisor#3**, >ProfessorA) repräsentiert >>has Advisor#3 ein Relator-Individual vom Typ **<>hasAdvisor**
  - Das entspricht genau der Vorgehensweise beim Singleton Property Approach
  - und ist analog zu Klassen z.B. (>StudentB, <>is_Individual_of, ^Person)

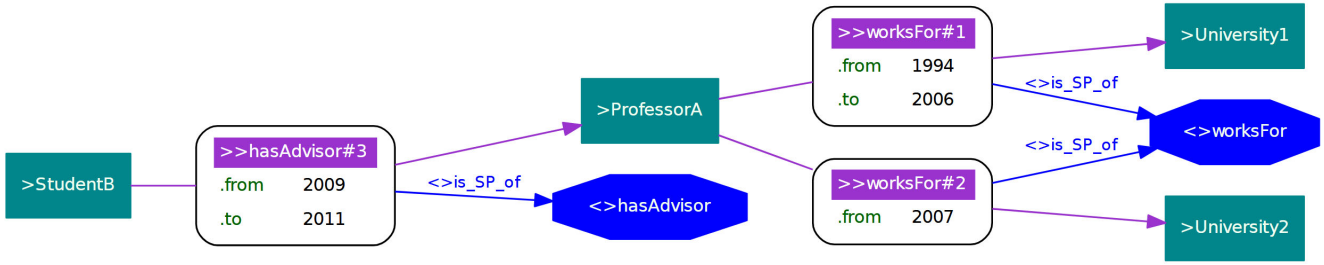
- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

Wann ist es sinnvoll / nicht sinnvoll LPGs zu verwenden?

- Bei Wissens-Subjekten mit mehr als zwei Teilnehmern hat man keine Wahl. Dann ist eine Modellierung mit n-ary Relations zwangsläufig erforderlich
  - Beispiele: Verträge, Behandlungen, etc.
    oder auch Heirat, wenn als weitere Beteiligte der Pastor oder die Trauzeugen dazukommen

- Bei Wissens-Subjekten mit zwei Teilnehmern hat man die Wahl zwischen der Modellierung als n-ary Relations oder als LPGs
  - Beispiele: <>knows, <>works_for, <>lives_in
  - Die Modellierung sollte dann abhängig gemacht werden von Kriterien wie Transparenz, Redundanzfreiheit, Einfachheit der Umsetzung in der Programmierung

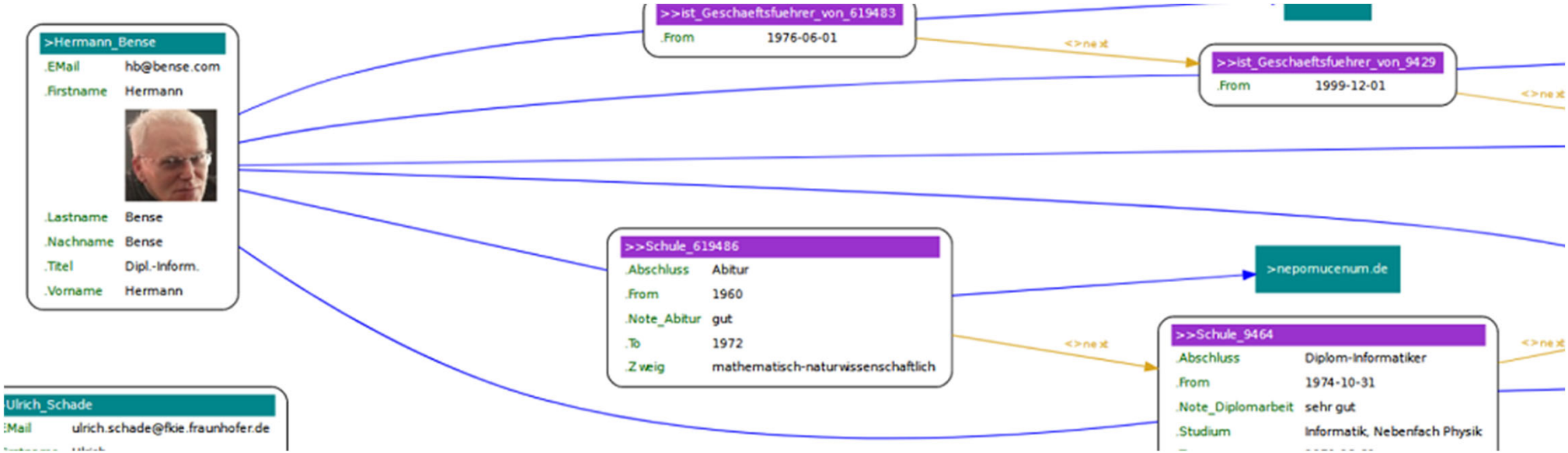




- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

Wie kann man Relatoren mit Object-Properties verbinden? [ontology4.us]
Beispiel: Lebenslauf / Ausbildung

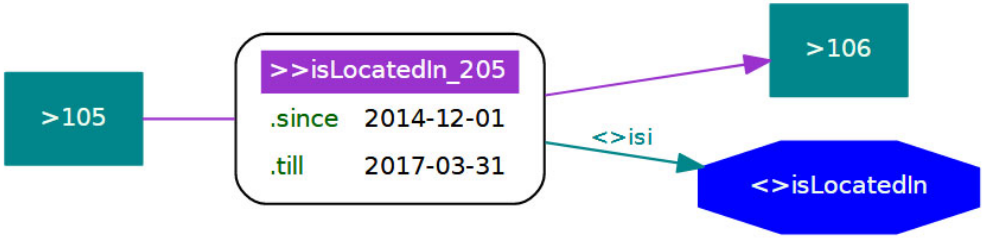
- Da Relatoren eigenständige Wissenssubjekte sind, können auch sie mit Object Properties wie **<>next** verbunden warden, z.B.
  - (>>ist_Geschäftsfuehrer_von_619483, **<>next**, >>ist_Geschaeftsfuehrer_von_9429)

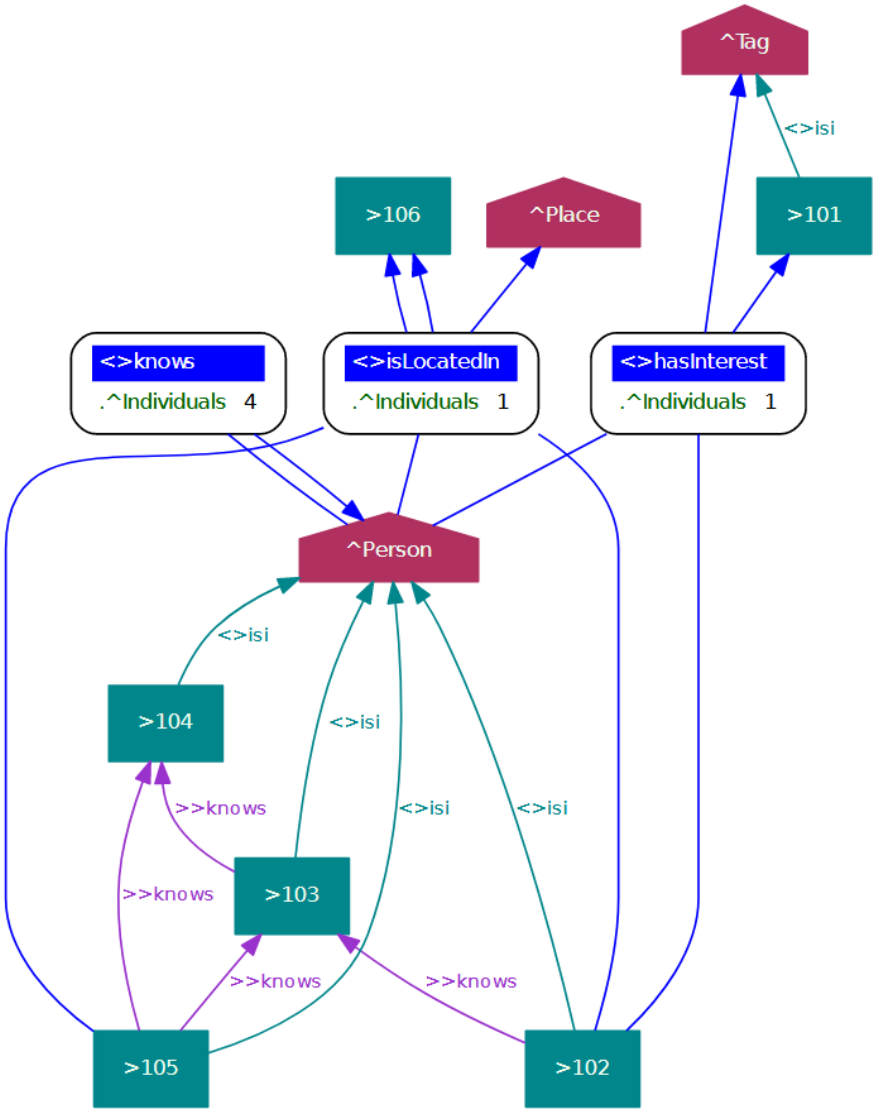


- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

Warum sollten Object Properties (OP) als First-class-Citizens behandelt werden?

- Instanzen/Individuals von Object Properties werden im Singleton Approach analog zu Instanzen/Individuals von Klassen erzeugt
- OPs bilden über die <>SubObjectProperty of OP auf die gleiche Art und Weise Hierarchien wie Klassen über die <>SubClass OP
- Damit können sie auch Meta OPs ausprägen und Properties haben wie .^Individuals=4
- Heutzutage wird das allerdings von keinem Programmier-Paradigma unterstützt.





- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

Die Zukunft des RDF/OWL Standard

- **Reicht der RDF/OWL Standard aus für die Modellierung von Meta-Klassen und Labeled Property Graphs (LPGs)?**
  - RDF, RDFS und OWL stellen reiche Möglichkeiten für die Implementierung von Semantic Web Anwendungen bereit
  - Allerdings erfordern sie auch in vielen Fällen ein “Drum-Herum-Modellieren”, da RDF Tupel nicht erlauben, Metadaten-Eigenschaften zu speichern wie Name des Autors
  - RDF / OWL erlauben aber die Anwendung des Singleton Approaches

- **Kann die RDF/OWL Standards über die Anwendung und Ansprüche für das Semantic Web hinaus auch für die Objektorientierte Anwendungsentwicklung heranziehen?**
  - Eher nein: RDF und OWL sind primär auf die Modellierung von Ontologien mit Axiomen angelegt, weniger auf Modellierung von Algorithmen und Verfahren

- **Welche Konsequenzen hat das für die Weiterentwicklung des RDF/OWL-Standards?**
  - Wenn der Singleton Approach zur Anwendung kommt, muss noch eine klare Semantik für das Reasoning dazu definiert werden

- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

„Lessons learnt“ - Was lernen wir daraus?

- **Von den verschiedene Anwendergruppen selbst innerhalb der gleichen Semantic Web Community werden unterschiedliche Begriffe verwendet**
  - Klassen, classes, universals
  - Property, data property
  - Relation, relationship, relationship type, object property
  - Instanzen, Individuals, nodes/vertices
  - graph, RDF graph, labeled graph, directed graph, named graph, graph visualization

- **Der RDF/OWL Standard reicht aus, um alle Anforderungen an die Repräsentation von Labeled Property Graphs zu erfüllen**

- **Es wird nicht genügend unterschieden zwischen den Begriff „Knowledge Graph“, „RDF Graph“ und „Labeled Property Graph“ und der meist damit einhergenden „Graph Visualisierung“**

- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/

Referenzen

- [AnAr2017] Renzo Angles, Marcelo Arenas, Pablo Barcelo, Peter Boncz, George Fletcher, Claudio Gutierrez, Tobias Lindaaker, Marcus Paradies, Stefan Plantikow, Juan Sequeda, Oskar van Rest, Hannes Voigt, G-CORE - A Core for Future Graph Query Languages, Manuscript submitted to ACM (Download: https://arxiv.org/pdf/1712.01550.pdf)
- [Bens2014] Hermann Bense, The Unique Predication of Knowledge Elements and their Visualization and Factorization in Ontology Engineering , 2014, IOS Press, Amsterdam, in [GaKu2014], pp. 241-250
- [Bens2020] Hermann Bense, Labeled Property Graphs (LPG) and their relation to RDF, Download: https://www.ontology4.us/english/Ontology4/Example/Property-Graphs/
- [CaBi2005] Jeremy J. Carroll, Christian Bizer, Pat Hayes, Patrick Stickler, Named Graphs, Provenance and Trust (Download: http://wifo5-03.informatik.uni-mannheim.de/bizer/SWTSGuide/carroll-ISWC2004.pdf)
- [GaCo2010] Fabien Gandon, Olivier Corby, Name That Graph , 2010 (Download: http://www-sop.inria.fr/members/Fabien.Gandon/docs/NameThatGraph/NameThatGraph_GandonCorby.pdf)
- [GaKo2009a] Emden R. Gansner,Eleftherios Koutsofios, Stephen North, Drawing graphs with dot , 2009 (Download: http://www.graphviz.org/pdf/dotguide.pdf)
- [GaKu2014], Pawel Garbacz, Oliver Kutz (Editors), Formal Ontology in Information Systems, Proceedings of the Eighth International Conference (FOIS 2014), Rio de Janeiro, Brazil, Sept. 22-25, 2014 , 2014, IOS Press, Amsterdam, ISBN 978-1-61499-437-4
- [Gand2002] Fabien Gandon, Ontology Engineering: a Survey and a Return onExperience , 2002 (Download: https://hal.inria.fr/inria-00072192/document)
- [HaTh2019] Olaf Hartig, Bryan Thompson, Foundations of an Alternative Approach to Reification in RDF (Download: https://arxiv.org/pdf/1406.3399.pdf)
- [NgBo2015] Vinh Nguyen, Olivier Bodenreider, Krishnaprasad Thirunarayan, Gang Fu,Evan Bolton, Ńuria Queralt Rosinach, Laura I. Furlong,Michel Dumontier, Amit Sheth.Authors, On Reasoning with RDF Statements aboutStatements using Singleton Property Triples , 2015 (Download: https://arxiv.org/pdf/1509.04513.pdf)
- [GQL], GQL Standard: GQL is an upcoming International Standard language for property graph querying that is currently being created (Download: https://www.gqlstandards.org/)
- [Predication], Predication: The unique Predication of Knowledge Elements and their Visualization and Factorization in Ontology Engineering (Download: https://ontology4.us/download/presentations/140923_Predication_of_Knowledge_Elements_FOIS2014_Rio_de_Janeiro.pdf)
- [RDFLPG] Jesus Barrasa, RDF Triple Stores vs. Labeled Property Graphs: What's the Difference? (Download: https://dzone.com/articles/rdf-triple-stores-vs-labeled-property-graphs-whats)
- [SPOTL], SPOTL: The internal schema for storing atomic knowledge entities (Download: https://www.ontology4.us/english/Ontologies/Upper-Ontologies/SPOTL/index.html)
- [W3 n-ary Relations], W3 n-ary Relations: Defining N-ary Relations on the Semantic Web (Download: http://www.w3.org/TR/swbp-n-aryRelations/)

Danke für das Interesse …

und besonderen Dank an

- **Rigo Wenning** für das Einbringen des Themas in den diesjährigen Dagstuhl Workshop
- **Pierre-Antoine Champin** für zahllose, lange Diskussionen über RDF, OWL und Singleton Property Approach
- **Bernhard Humm** für die Moderation und Begleitung beim Erstellen des Dagstuhl Papers
- **Kai-Uwe Schäfer** für das behaarliche Kritisieren und Einbringen der Aspekte insbesondere zu neo4J, was am Ende zu ganz anderen Schlussfolgerungen und Erkenntnissen geführt hat ☺

- Der komplette Report zum diesjährigen Dagstuhl-Workshop erscheint demnächst im Informatik Spektrum unter dem Titel

Machine Intelligence Today: Applications, Methodology, Technology"

https://docs.google.com/document/d/1ufMpWmGHoaQQZK9WR80MsGAh9g-6DtUm6eFA4LBt0q4/edit