

# Semantic Web

PD Dr. Pascal Hitzler  
AIFB, University of Karlsruhe, Germany  
<http://www.pascal-hitzler.de>

Rostock, Januar 2009

# Web 3.0-Demo überzeugt Politik von der Innovationskraft der IT

Computer Zeitung, 01.12.2008

Schavan: "Das Internet der Zukunft ist das Megathema"

Heuser (SAP): "In der Bedeutung übertrifft das Internet der Zukunft traditionelle Infrastrukturen wie Straßen- oder Flugverkehr"

Harms (HP Deutschland): "Die deutsche Wirtschaft hat investiert und wir sind Europameister"

**Konstruktive Ideen und kein überlautes Jammern – die Politik machte auf dem IT-Gipfel Urlaub von der Rezessionsstimmung. Ob die IKT-Szene ihr Grauen vor der Zukunft nur geschickt mit dem Makeup des Optimismus übertüncht hat, ist zweitrangig: Als Querschnittstechnologie hat sie der Politik schöne Augen gemacht.**

Die IKT-Branche setzt jährlich 150 Milliarden Euro um – das ist mehr als Automobil- und Maschinenbau zur Wertschöpfung beitragen", erklärt Kanzlerin Angela Merkel, weshalb sie sich für die Rahmenbedingungen der Branche ins Zeug legt. Das fällt ihr um so leichter, als Bitkom-Präsident August-Wilhelm Scheer für die Querschnittsbranche nicht um Konjunkturprogramme bittet: „Unser Ziel ist es, in zwei Jahren besser dazustehen als heute.“ Und die Kanzlerin gibt nicht nur ein Lippenbekenntnis ab: Sie will auch im Wahljahr 2009 – trotz politischer Auseinandersetzungen – den vierten IT-Gipfel einberufen.

Um Wachstumchancen aufrecht zu erhalten, definiert Forschungsministerin Annette Schavan – neben Qualifizierungsanstrengungen – zwei Aufgaben: „Das Internet der Zukunft ist das Megathema und die IT-Sicherheit eine gesellschaftliche Aufgabe.“ Laut Professor Wolfgang Wahlster, Chef des Deutschen Forschungszentrum für künstliche Intelligenz (DFKI) stellt das Internet der Dinge und Dienste auf semantischer Basis drei Aufgaben: „Wir brauchen das Breitband, eine Sicherheitsinfrastruktur und Bedienbarkeit durch multimodale Interfaces.“

Die Förderung auf diesen Gebieten „bringt Nutzen für die Wirtschaft und kommt beim Bürger an“, so der DFKI-Chef. Im Gesundheitsbereich Sorge das Internet der Zukunft beispielsweise für intelligente Dienste für Senioren und für Medikamentensicherheit. „Im Straßenverkehr nähern wir uns mit dem kollisionsfreien Fahren dem Null-Tote-Auto und das Katastrophenmanagement wird im Projekt Soknos optimiert“, sagt Wahlster.

Soknos fußt auf dem Leuchtturmprojekt Theseus, der Plattform für die semantische Wissensintegration. Im konkreten Vorhaben sorgen Webservices dafür, dass getrennte Verwaltungs- und Organisationseinheiten wie Feuerwehr, Polizei oder Ämter für Brand- oder Hochwasserkatastrophen ihre Informationen in einem Krisenstab zusammenfließen lassen – bisher fehlten dafür Standards.

Laut Wahlster entsteht in Projekten wie 100GT oder G-Lab auch schon die sichere Kommunikationsinfrastruktur. Für Christopher Schläffer, Vorstand Produkt und Innovation der Deutschen Telekom, bedeutet der Aufbau des Netzes der Zukunft eine enorme investive Herausforderung. Immerhin will Merkel „Investoren für ihren Mut belohnen – der Breitbandzugang bedeutet Lebensqualität“. Die angestrebten Breitbandanschlüsse überall „in drei bis vier Jahren“ zielen auf die Teilhabe aller an der Generalvernetzung aller Objekte und Services ab.

„Vor allem aber wird das Zukunftsinternet die Plattform, auf der Handel betrieben wird“, so Professor Lutz Heuser, Leiter SAP Research, der die EU-Kommission in Sachen ches Rahmenforschungsprogramm berät. „In der Bedeutung übertrifft das Internet der Zukunft traditionelle Infrastrukturen wie Straßen- oder Flugverkehr.“ Die Wirtschaftsverbände skalieren – klassische Unternehmensstrukturen werden aufgebrochen: „Davon profitieren kleine und mittlere Firmen und Konzerne.“

## Das Internet der Dienste und der Dinge braucht neue Business-Modelle

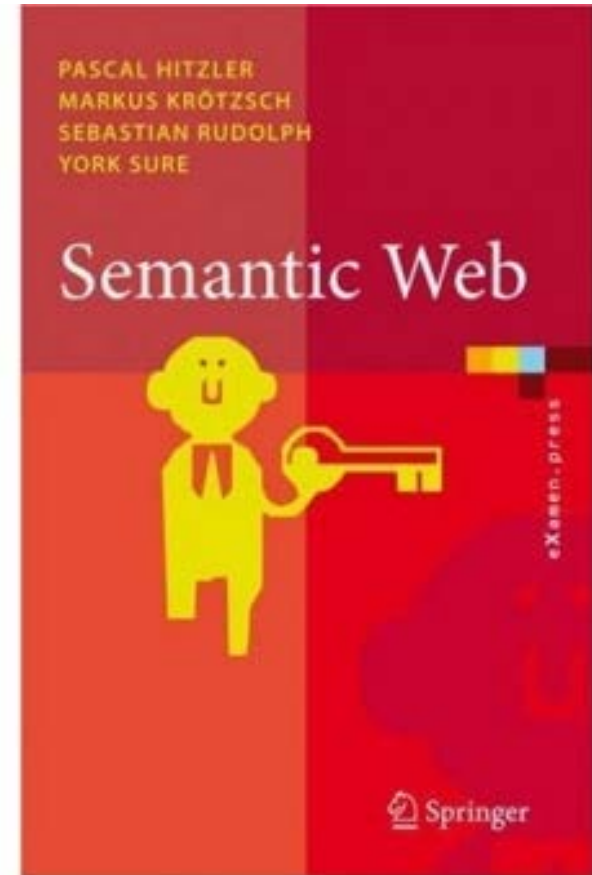
„Der Internetverkehr zwischen Unternehmen beläuft sich auf 450 Milliarden Euro pro Jahr“, verdeutlicht Professor Menno Harms, Aufsichtsratschef HP Deutschland, die Dimensionen. „Die deutsche Wirtschaft hat investiert und wir sind Europameister. Aber das muss eine Fortsetzung finden – und es kann noch viel getan werden.“

Bitkom-Chef Scheer rät, für Theseus Business-Pläne zu erarbeiten: „Es führt zu neuen Unternehmensformen und Modellen zwischen Unternehmen – wir müssen also auch erforschen, welche Business-Modelle zum Durchbruch im Internet der Zukunft verhelfen können.“

Ein direkter Arbeitsauftrag an die IKT-Branche ist die Senkung des Energieverbrauchs der Systeme bis 2013 um 40 Prozent. „Mit dem Leuchtturmprojekt E-Energy wird die intelligente Energienutzung und -erzeugung angestoßen“, so Kanzlerin Merkel. Zudem kontrollieren sechs Modellregionen künftig die Stromversorgung IT-basiert.

## Lehrbuch

- Hitzler, Krötzsch, Rudolph, Sure  
Semantic Web – Grundlagen.  
Springer, 2008.  
24,95 €
- Erstes deutsches Lehrbuch zu  
Grundlagen des Semantic Web



# Inhalt

1. **Motivation: Wozu *Semantic Web*?**
2. Grundideen des Semantic Web
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung

# Das Web

- Das Web flankiert den Übergang von der Industrie- zur Informationsgesellschaft und bietet die Infrastruktur für eine neue Qualität des Umgangs mit Information  
hinsichtlich Beschaffung  
wie auch Bereitstellung.



- hohe Verfügbarkeit
- hohe Aktualität
- geringe Kosten

# Das Web

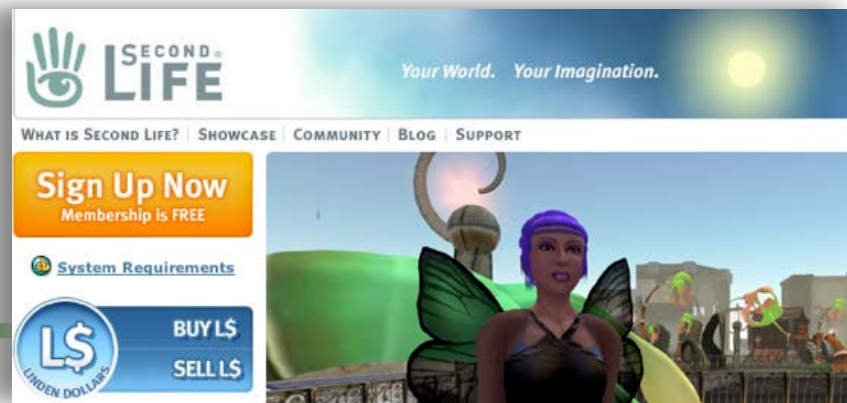
- Kommerzialisierung in allen Größenordnungen

**ebay**  
 Einloggen oder Neu anmelden  
 Kategorien ▾ Motors Express Shops  
 Zurück Kategorie: Computer > Apple > MacBook / MacBook Pro > MacBook Pro 15"  
**Apple Macbook Pro 15" 2,33 GHZ!!!! glossy**  
 Bieter oder Verkäufer dieses Artikels? [Einloggen](#) zur Statusabfrage  
 Aktuelles Gebot: **EUR 1.450,00**  
 Ihr Maximalgebot: EUR  **Bieter >**  
 (Geben Sie mindestens EUR 1.460,00 ein)  
 Angebotsende: **54 Minuten 18 Sekunden**  
 (23.10.07 17:48:17 MESZ)  
 Versandkosten: **EUR 12,00**  
 Versicherter Versand  
 Service nach: [Deutschland](#)  
 Versand nach: **Weltweit**  
 Artikelstandort: **Hamburg, Deutschland**  
 Übersicht: [36 Gebote](#)  
 Höchstbietender: **m\*\*\*** (23 ⭐)   
 Weitere Möglichkeiten:  [Diesen Artikel beobachten](#)  
 Lassen Sie sich benachrichtigen per [Instant Messenger](#)  
[An einen Freund senden](#)  
 Angebots- und Zahlungsdetails: [Anzeigen](#)

**amazon.de** | WUNSCHZETTEL | MEIN KONTO | HILFE | IMPRESSUM  
 HOME MEIN SHOP **BÜCHER** ENGLISH BOOKS ELEKTRONIK & FOTO MUSIK DVD KAUFEN & LEIHEN SOFTWARE GAMES KÜCHE, HAUS & GARTEN SPIELWAREN & KINDERWELT SPORT & FREIZEIT UHREN BABY SCHUHE & HANDTASCHEN  
 ERWEITERTE SUCHE | STÖBERN | BESTSELLER | NEUHEITEN | HÖRBUCHER | TASCHENBÜCHER | FACHBÜCHER | PREIS-HITS | BÜCHER VERKAUFEN  
 Suche Bücher  Neue Suche **LOS**  
  
**Semantic Web. Grundlagen (eXamen.press) (Taschenbuch)**  
 von [Pascal Hitzler](#) (Autor), [Markus Krötzsch](#) (Autor), [Sebastian Rudolph](#) (Autor), [York Sure](#) (Autor)  
**Preis: EUR 24,95** **Kostenlose Lieferung.** [Siehe Details.](#)  
**Verfügbarkeit:** Dieser Artikel ist noch nicht erschienen. Reservieren Sie sich Ihr Exemplar jetzt und Sie erhalten es pünktlich zum Erscheinungstermin. Verkauf und Versand durch **Amazon.de**. Geschenkverpackung verfügbar. Zustellung durch **Prime**.  
**Preis: EUR 24,95**  
 Vorbestellbar  
 Verkauf und Versand durch **Amazon.de**  
**Menge:**   
**Jetzt vorbestellen**  
 oder  
[Loggen Sie sich ein](#), um 1-Click® einzuschalten.  
[Auf meinen Wunschzettel](#)  
[Auf die Hochzeitsliste](#)  
[Einem Freund weitersagen](#)  
**Verleger: So können Kunden in diesem Buch suchen.**  
**Noch 4 Tage** bis zum Erscheinungstermin von **Harry Potter Band 7**. Sichern Sie sich jetzt [Ihr Exemplar mit Liefergarantie -- sonst geschenkt!](#)

# Das Web

- weitere Lebensbereiche werden "webisiert":
- Behörden, Verwaltung (eGovernment)
- Ausbildung (eLearning, eEducation)
- Sozialkontakte (Social-Networking-Plattformen, Partnerbörsen)
- Alltag?



# Probleme des Web

- Fülle an Informationen
- ausgerichtet auf Menschen als Endnutzer
  - Erfassen der Bedeutung einer Webseite
  - Unabhängig von konkreter Repräsentation
  - Bilden von Zusammenhängen

The screenshot shows a XING profile for Dr. Sebastian Rudolph. At the top, there are navigation links like 'Start', 'Mitglieder', 'Nachrichten', 'Adressbuch', 'Gruppen', 'Termine', 'Marktplatz', and 'PremiumWorld'. The profile header includes a photo, name, and contact information. Below this, there are sections for 'Businessdaten', 'Persönliches', 'Ich suche', 'Ich biete', 'Interessen', 'Organisationen', and 'Berufverföhrung'. A progress bar indicates the profile is 65% complete. On the right, there are statistics and a 'Bestätigte Kontakte' section.

The screenshot shows the studiVZ website interface. It features a navigation menu with 'Start', 'Web', and 'Leute finden'. The main content area is titled 'STUDIERVERZEICHNIS' and 'Sebastian Rudolphs Seite (das bist du)'. It includes a profile picture, a 'Verbindung' section, and various user settings and information fields like 'Account', 'Allgemeines', 'Kontakt', 'Persönliches', and 'Arbeit'. The interface is cluttered with many links and options.

The screenshot shows the AIFBO website interface. It features a navigation menu with 'Lehre/Prüfung', 'Personen', 'Forschungsgruppen', 'Projekte', 'Berichte', 'Veranstaltungen', and 'Stellenmarkt'. The main content area shows a profile for 'Dr. Sebastian Rudolph' with a photo and contact information. The website is cluttered with many links and options.



# Probleme des Web

- **Lokalisierung** von Information problematisch
- heutige Suchmaschinen gut, aber stichwortbasiert
- wünschenswert:  
inhaltliche,  
*semantische Suche*



The screenshot shows a Google search interface. At the top, the Google logo is visible, followed by navigation links for Web, Bilder, News, and Maps. A search bar contains the text 'Kohl'. Below the search bar, the 'Bilder' tab is selected, and the search results are displayed. The first result is a portrait of Helmut Kohl, with a caption: 'Helmut Kohl', '800 x 547 - 89k - jpg', and 'www.muempfer.de'. The second result is a photograph of a head of cabbage, with a caption: 'Beim Kochen verströmt Jaroma Kohl ...', '512 x 312 - 25k - jpg', and 'www.marions-kochbuch.de'.

# Probleme des Web

- **Heterogenität** der vorhandenen Information auf verschiedensten Ebenen:
  - Zeichenkodierung (z.B. ASCII vs. Unicode)
  - verwendete natürliche Sprachen
  - Anordnung von Information auf Webseiten
- *Informationsintegration*

## Semantic Web Technologies I – Intelligente Systeme im WWW

Winter 2007/08

**Dozenten:** PD Dr. Pascal Hitzler,  
Dr. Sebastian Rudolph

**Betreuer:** M.Sc. Markus Krättsch

**Umfang:**

2+1 SWS (Vorlesung+Übung),  
4.5 Leistungspunkte

**Zeit & Ort:**

Vorlesung: wöchentlich Mittwoch 11:30 bis 13:00



로그인 /

문서 토론 편집 0

### 시맨틱 웹

위키백과 — 우리 모두의 백과사전

**위키백과**  
우리 모두의 백과사전 둘러보기

- 대문
- 사용자 모임
- 오죽 화제

**시맨틱 웹**(Semantic Web)은 인터넷과 같은 분산환경에서 리소스 각종 화일, 서비스 등)에 대한 사이의 관계-의미 정보(Semantic Web)가 처리할 수 있는 40

# Probleme des Web

- **implizites Wissen**, d.h. Informationen, sind nicht explizit spezifiziert, folgen aber aus der Kombination gegebener Daten
- formallogische Methoden erforderlich
- *automatisches Schlussfolgern*



# Probleme des Web

Lösungsansätze:

- I. Ad hoc: Verwendung von KI-Methoden zur Auswertung bestehender unstrukturierter Informationen im Web
- II. A priori: Strukturierung der Web-Informationen zur Erleichterung der automatisierten Auswertung:  
→ **Semantic Web**

# Inhalt

1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. **Grundideen des Semantic Web**
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung

# Begriffsklärung: Syntax vs. Semantik

- **Syntax**  
(von grch. συνταξις – *Zusammenstellung, Satzbau*) steht für die (normative) Struktur von Daten, d.h. sie charakterisiert, was "wohlgeformte" Daten sind.
- **Semantik**  
(grch. σημαντικός – *zum Zeichen gehörend*) steht für die Bedeutung von Daten, d.h. sie charakterisiert beispielsweise, welche inhaltliche Schlussfolgerungen sich ziehen lassen.

$4+)=($   
syntaktisch falsch  
--

$3+4=12$   
syntaktisch richtig  
semantisch falsch

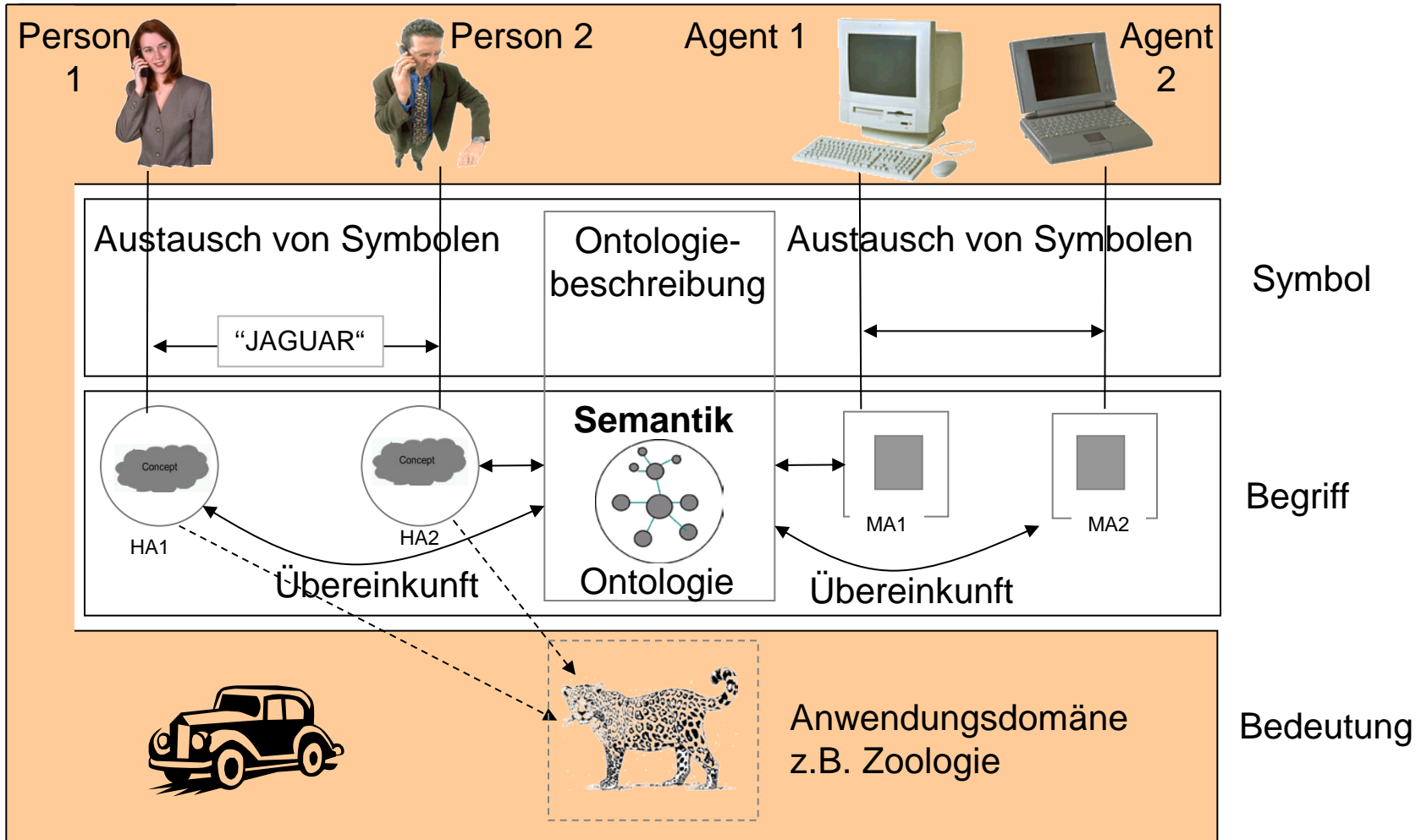
$3+4=7$   
syntaktisch richtig  
semantisch richtig

# Semantic Web – Zutaten

Zwei essentielle Voraussetzungen zur Realisierung:

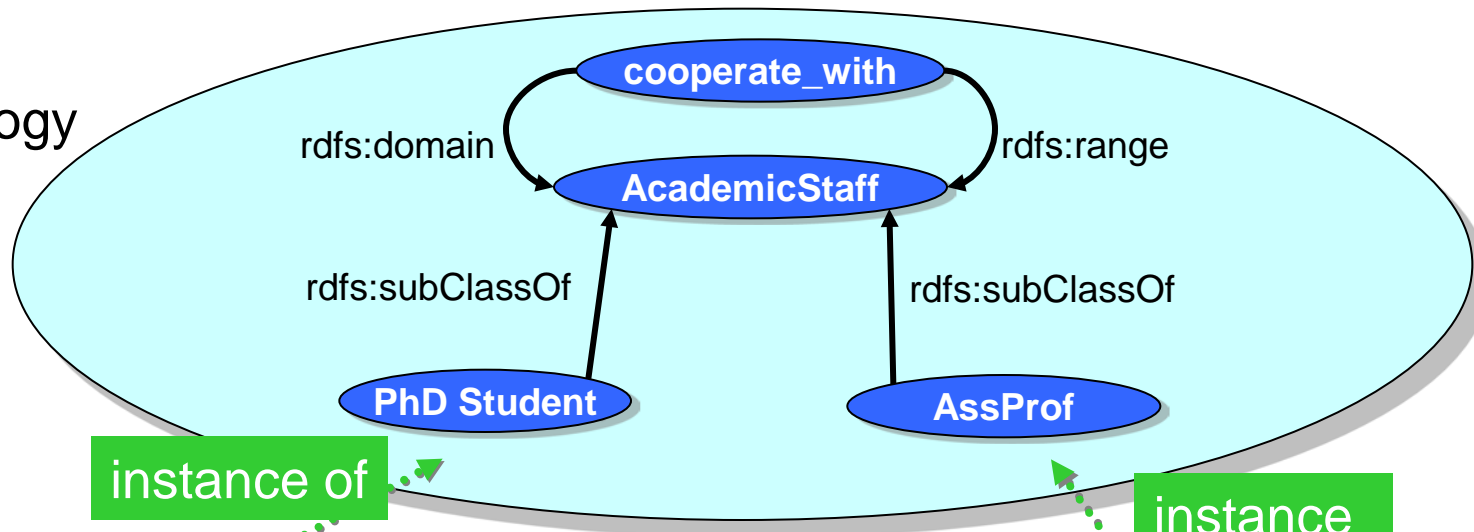
1. offene Standards zur Beschreibung von Informationen / von Wissen
  - klar definiert
  - flexibel
  - erweiterbar
2. Methoden zur Gewinnung von weiteren Informationen aus derlei Beschreibungen

# Grundidee Semantic Web





Ontology



instance of

instance of

Annotation

```

<swrc:PhD_Student rdf:ID="sha">
  <swrc:name>Siegfried
  Handschuh</swrc:name>
  <swrc:cooperate_with rdf:resource =
    "http://www.aifb.uni-
    karlsruhe.de/WBS/sst#sst"/>
  ...
  
```

```

<swrc:AssProf rdf:ID="sst">
  <swrc:name>Steffen Staab
  </swrc:name>
  ...
</swrc:AssProf>
  
```

Cooperate\_with


Links have explicit meanings!

Web Page

**Siegfried Handschuh**



He is working together with Steffen Staab in the Knowledge Management Group



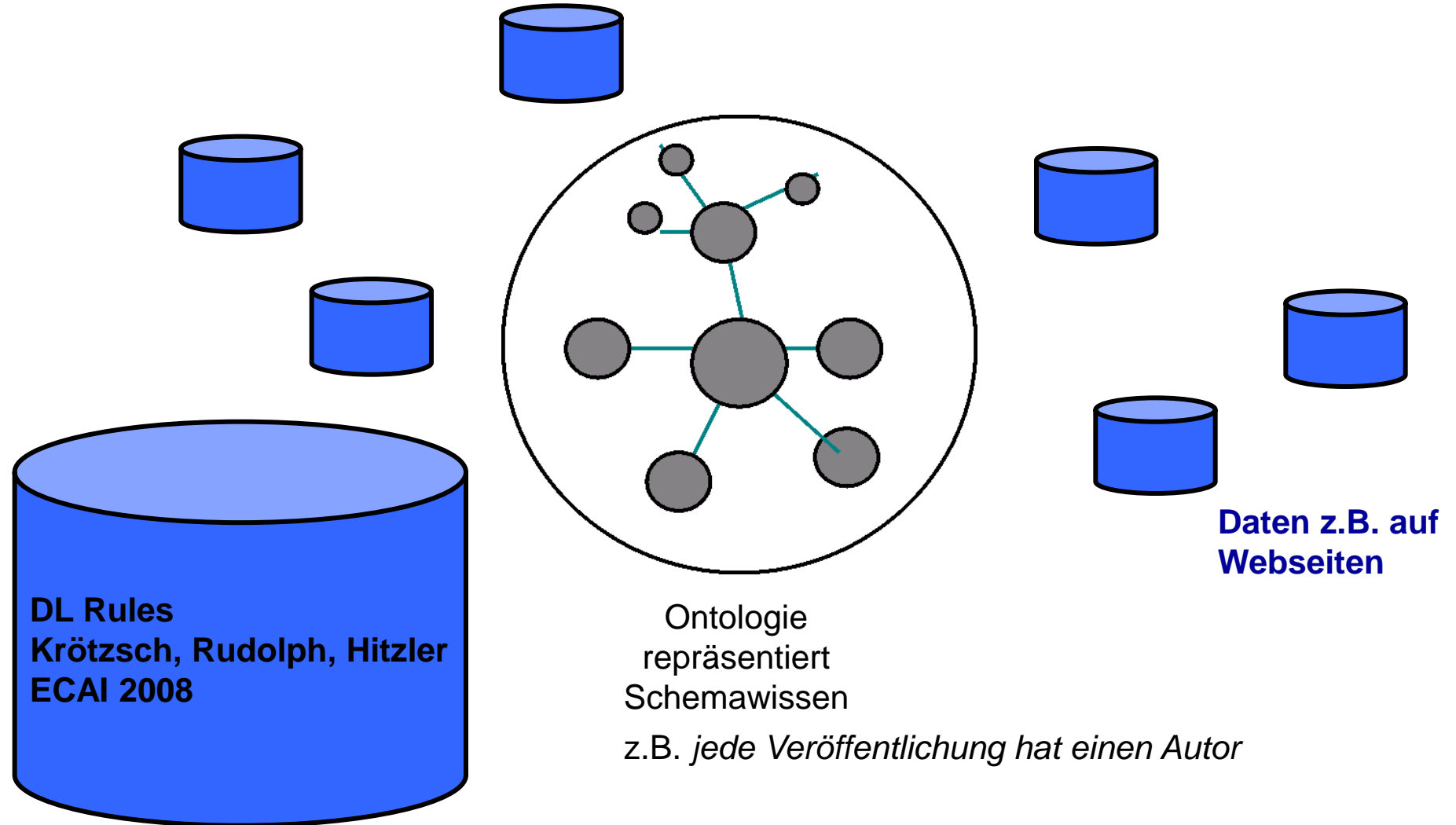
**Research:**  
Semantic Web, Knowledge Management, Natural Language.

URL

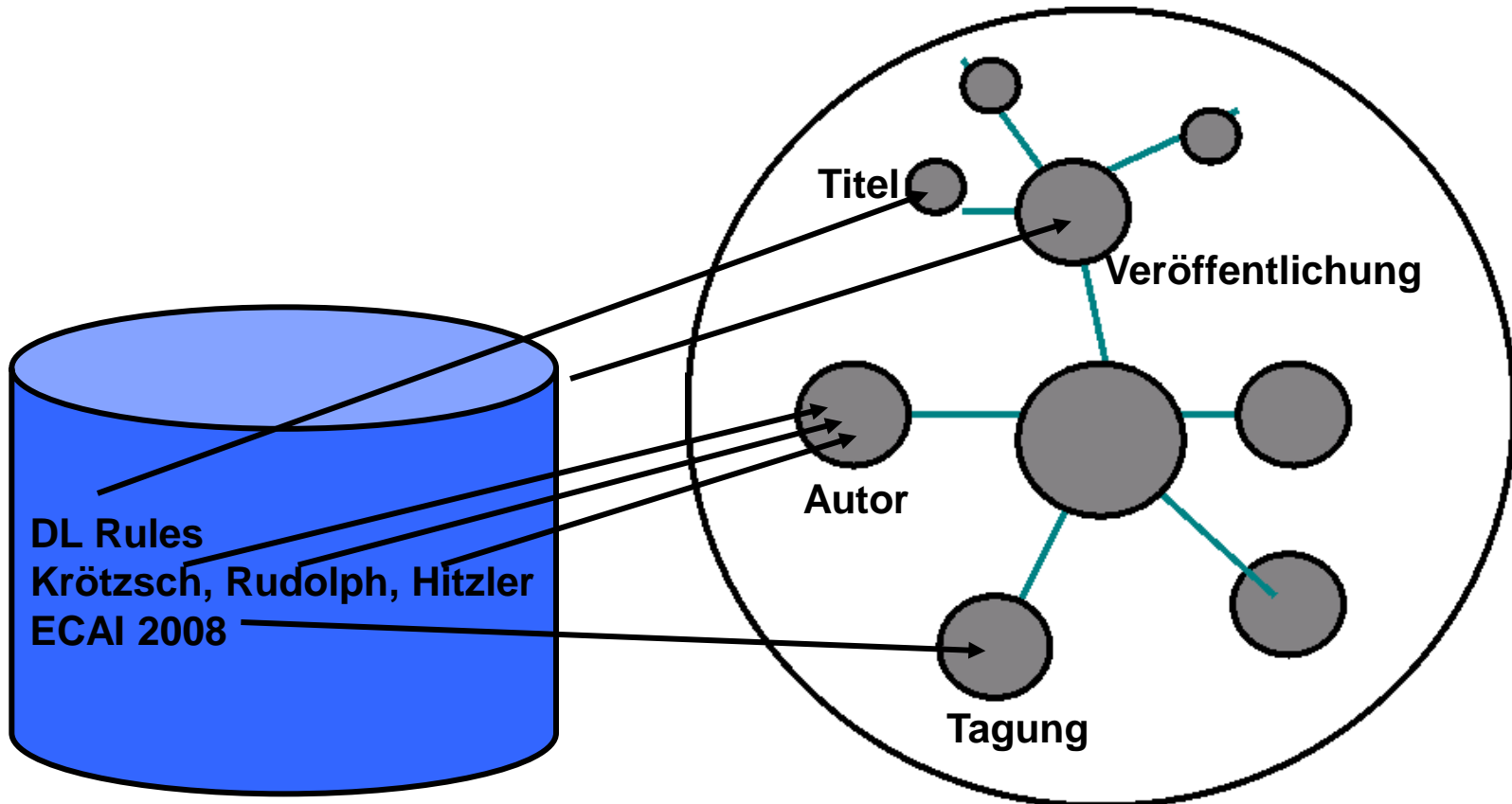
<http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/sha>

<http://www.aifb.uni-karlsruhe.de/WBS/sst>

# Grundidee des Semantic Web

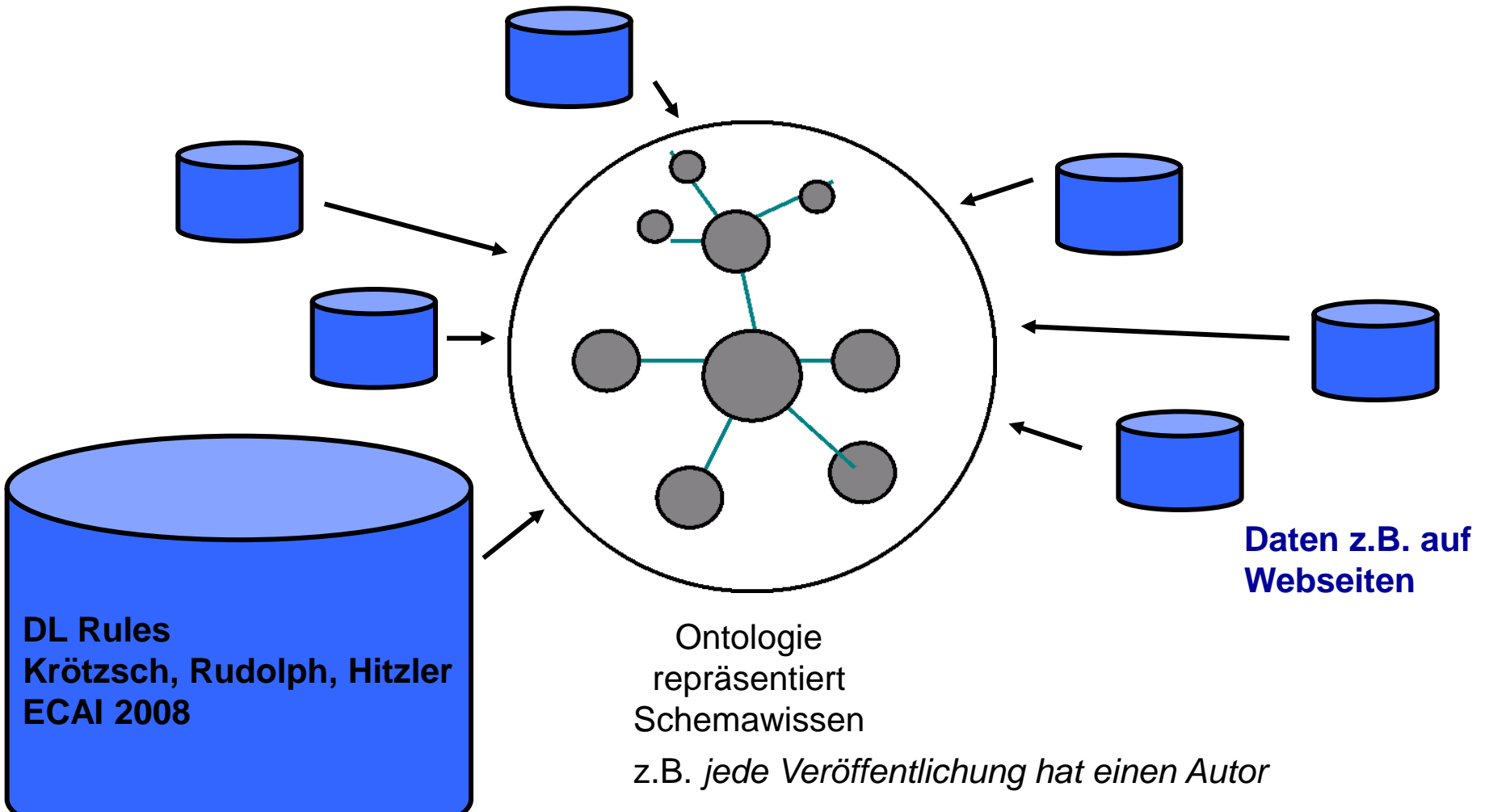


# Grundidee des Semantic Web



*z.B. jede Veröffentlichung hat einen Autor*

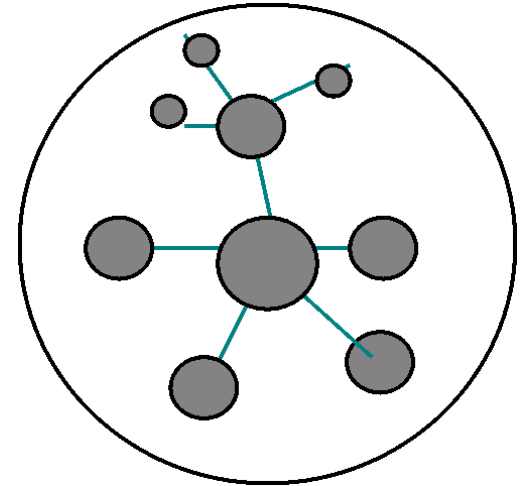
# Grundidee des Semantic Web



Deduktionsalgorithmen erlauben Gewinnung neuen (impliziten) Wissens aus den integrierten Informationen

# Ontologien als zentrale Technologie

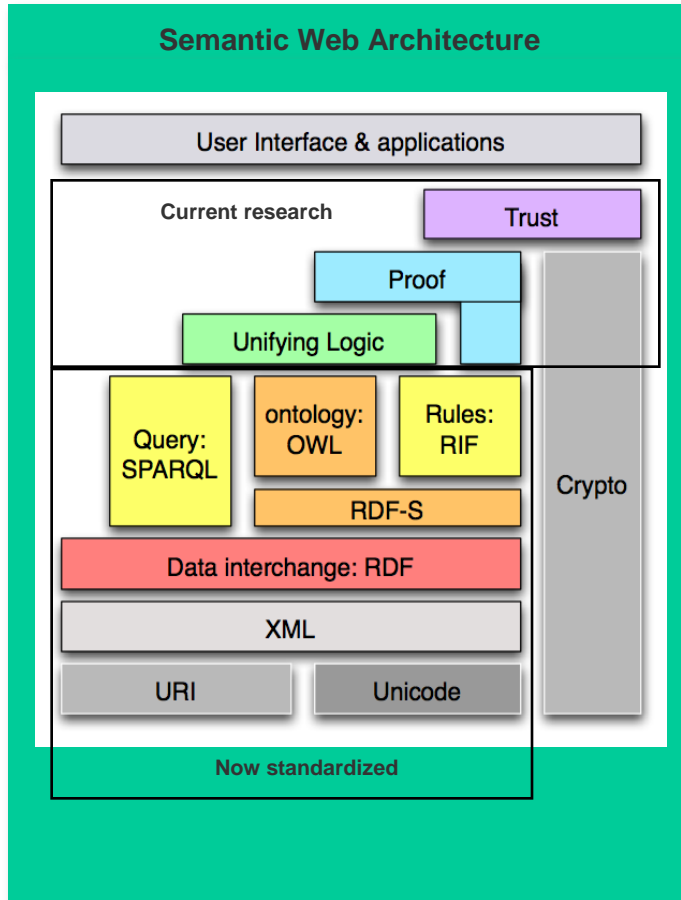
- Stellen einen Bezugsrahmen für
  - die Disambiguierung und
  - die globale Vernetzung von Bedeutung zur Verfügung.
- Vermitteln Hintergrundwissen.
- Erlauben den Umgang mit implizitem Wissen durch Schlussfolgern.
- Haben eine explizite formale Semantik.
- Können als gemeinsame Ressource genutzt werden, z.B. über das WWW.
- Erlauben die Integration verteilten Wissens.



# Ontologiesprachen / Standards

- Zentral für die Realisierung Semantischer Technologien ist die Entwicklung geeigneter **Repräsentationssprachen** für Ontologien
- Bedeutung (Semantik) mittels Logik und Deduktionsalgorithmen.
- Was eignet sich als Repräsentationssprache?

# Semantic Web - Standards



### Standardization Semantic Web

<b>1994</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• First public presentation of the Semantic Web idea</li> </ul>
<b>1998</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start of standardization of data model (RDF) and a first ontology languages (RDFS) at W3C</li> </ul>
<b>2000</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start of large research projects about ontologies in the US and Europe (DAML &amp; Ontoknowledge)</li> </ul>
<b>2002</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Start of standardization of a new ontology language (OWL) based on research results</li> </ul>
<b>2004</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Finalization of the standard for data (RDF) and ontology (OWL)</li> </ul>
<b>2006</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardization of a query language (SPARQL, 6. April 2006)</li> <li>• Ongoing work on rule languages (SWRL, DL-safe rules, RIF)</li> <li>• Extension of OWL to OWL 1.1 / 2.0</li> <li>• Ontology language of OMG based on UML (ODM)</li> </ul>

Forthcoming (2009):

RIF Rules standard  
 OWL 2 standard revision

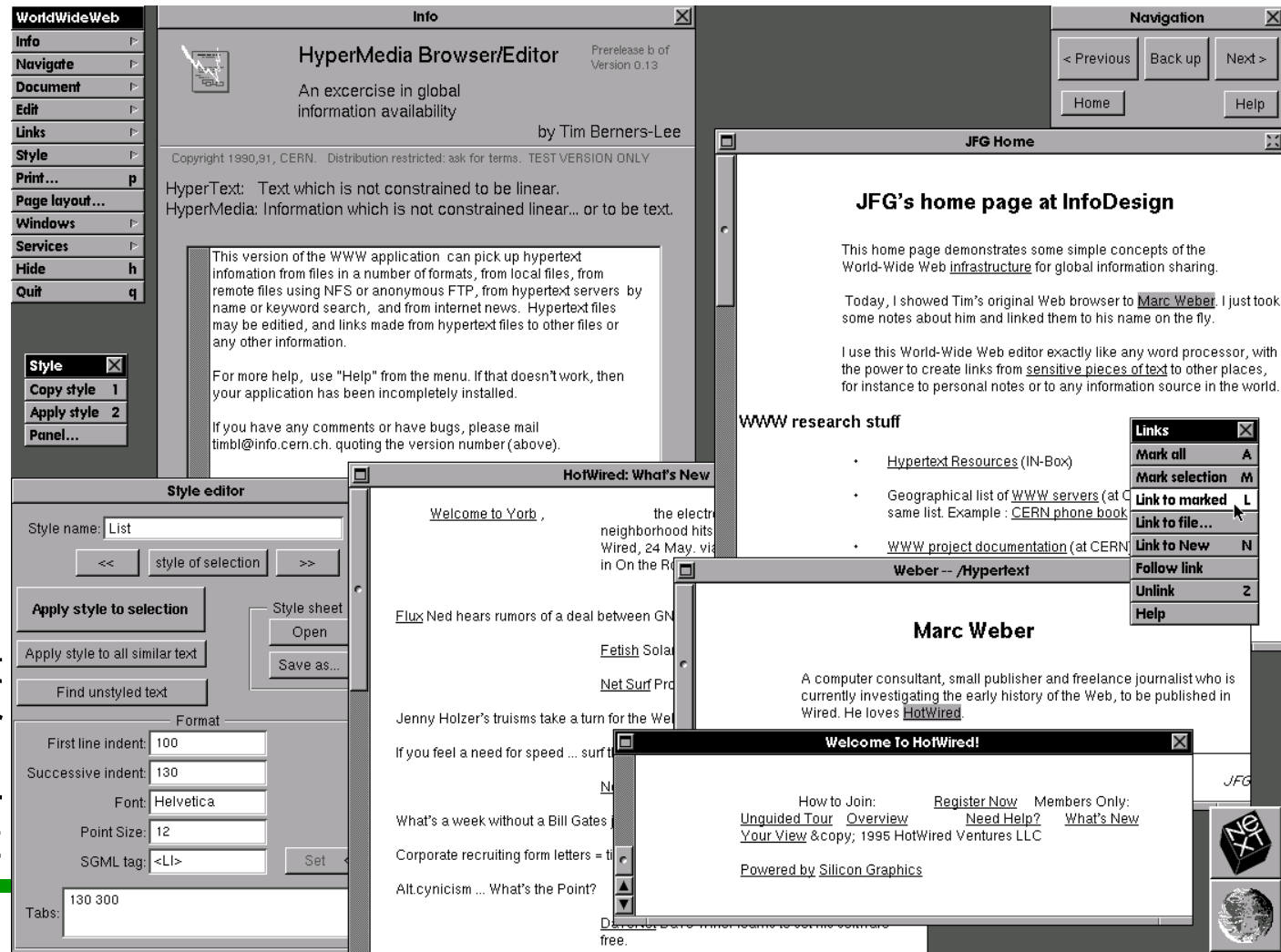
1992: Internet release (CERN)

Basic ideas for the *Web* were fixed 1989 by Tim Berners-Lee.

Ideas for the (today so-called) *Semantic Web* have already been part of the initial ideas!

**The  
Semantic  
Web Idea  
is not  
new!**

First  
browser  
by TBL  
1991/92





# Very brief history of the Semantic Web

- invented ca. 1989.   
- 1990s: W3C metadata activity (lead to RDF(S))
- W3C semantic web activity: chartered 2001.



- USA: DAML-Programme 2000-2005 approx. 70M€.
- Many large scale EU projects since 2002 and ongoing.  
! FP6/FP7



Information Society  
Technologies

# Inhalt

1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. Grundideen des Semantic Web
3. **Beispielhafte Anwendungsgebiete**
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung

# Semantic Technologies

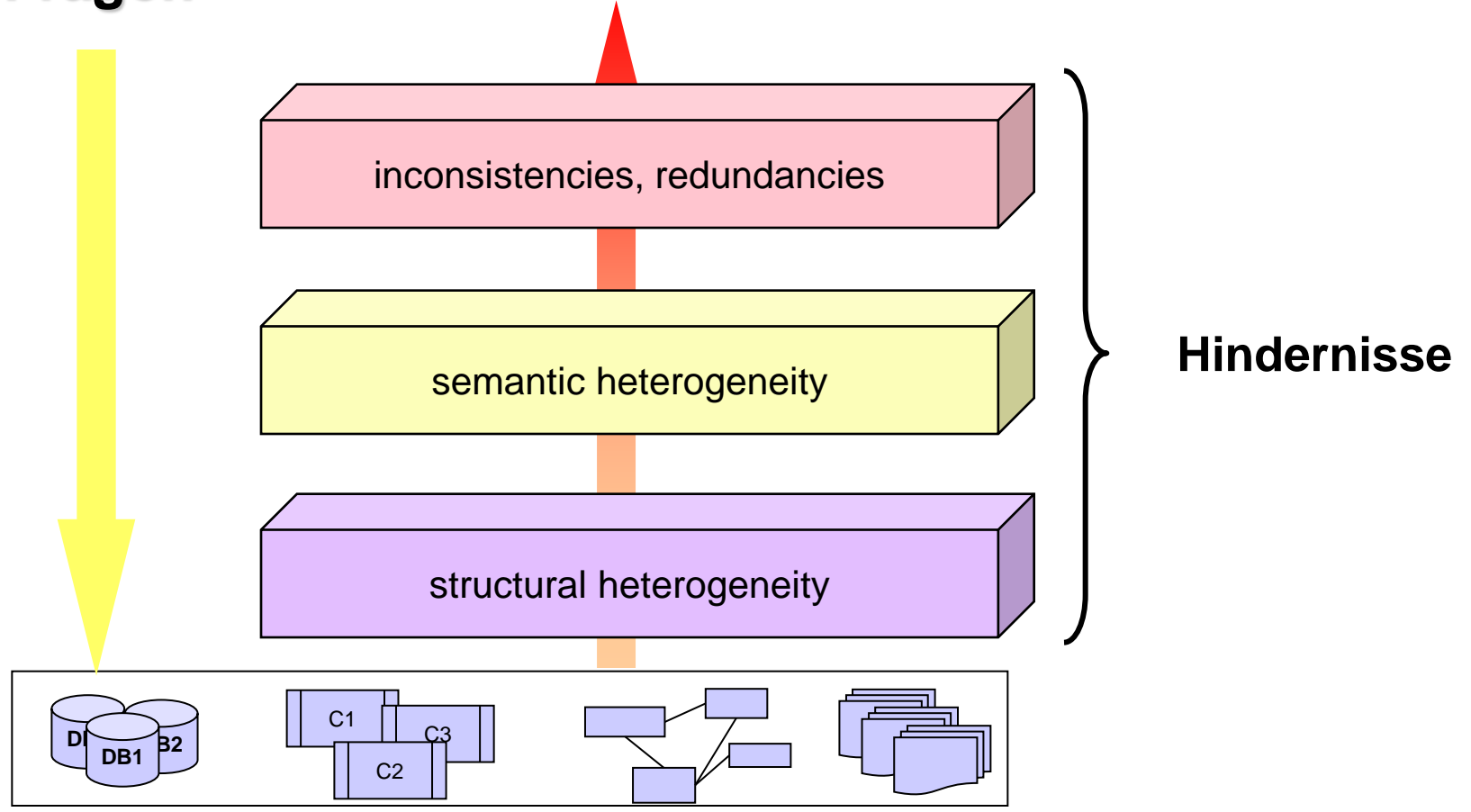
- Same techniques and methods
- Usage not on the web
  - content management
  - data integration
  - intelligent systems
  - ambient intelligence
  - software engineering
  - etc.
- likely to have huge impact on industrial developments in near future

# Informationsintegration




Fragen

Antworten



# Semantische Fehlersuche





KUKA Xpert » Suche / Anzeige » Erweiterte Suche eingeloggt als

» Robotertyp: KR30/1 » Steuerung: KRC3 » Software: KRC 1.1.10b » Applikation: Fräsen » Suche verändern  
Suchbegriff: grundachse leckt » Neue Suche

» Fehler (6)	» Fehlermeldung	» Treffer	» Nutzen	» Ranking	
» F_M_004	Leckage an Grundachse A2	Meldung	76	2.87	<input type="radio"/>
» F_M_006	Öl im Armgehäuse	Meldung	78	1.00	<input checked="" type="radio"/>
» OH_2873	LTC: Initialisierung fehlgeschlagen (Grund: %1)	Meldung		0.90	<input type="radio"/>
» OH_2899	Start blockiert (Steuerung: %1, Grund: %2)	Meldung		0.90	<input type="radio"/>
» F_M_007	Druckverlust Hydropneumatischer GWA	Meldung	82	0.87	<input type="radio"/>
» F_M_008	Druckverlust Gas-GWA	Meldung	37	0.87	<input type="radio"/>

- Suche / Anzeige
- Dokumentensuche
- Erweiterte Suche
- Historie
- Explorer / Übersicht
- Redaktion
- Modell
- Administration
- Auswertungen
- Top Tipps
- Mein Konto
- Hilfe
- Kontakt
- Abmelden

# Anwendungsfall

## UN Food and Agriculture Organisation (FAO)



- FAO bekommt Fischereidaten aus der ganzen Welt.
- FAO benötigt Lösungen für das Management und die Auswertung dieser Daten.
- Ziel: Entwicklung eines ontologiebasierten Warnsystems vor Überfischung.
  - EU IST IP NeOn



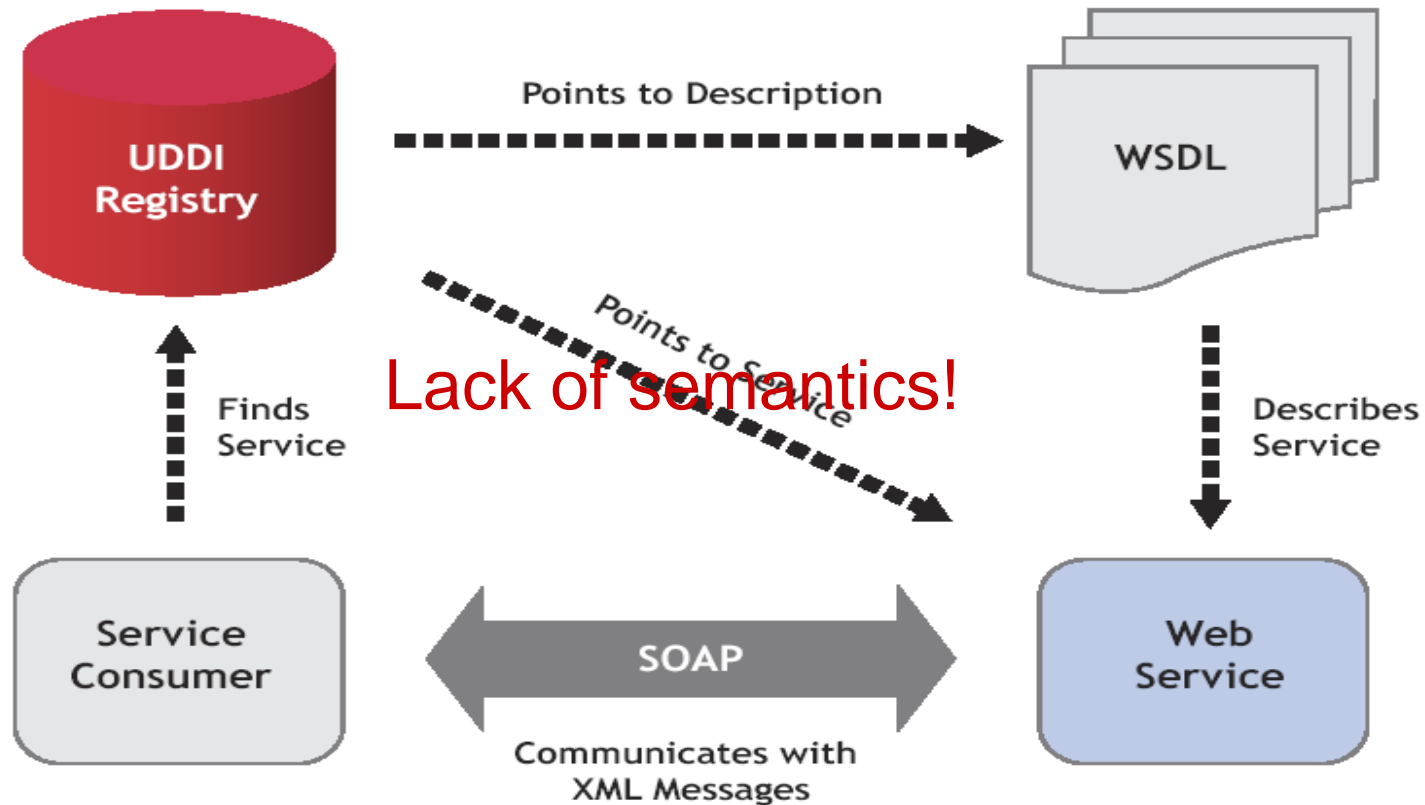
## Application Scenario: Rolls Royce



- Manufacturer of turbines and propelling devices
- Rolls Royce needs solutions for the supervision of product lifecycles based on multimedial data.
  - EU IST IP X-Media

**X-MEDIA**

# Semantische Web Services



Problem: Interoperability by using the same format, but still only syntax-based ... no way to describe functionality



# Lack of Semantic Interoperability ...

A problem for ...

- **Discovery**
  - Different terms used for offers and requests
- **Invocation**
  - Different specifications for messages, protocols and WS interface
- **Understanding**
  - Interpreting the results returned by the Web service
- **Composing Services**
  - Reconciling private goals with goals of the WS



SWS as Web services that  
receive and send semantic  
data

→ Semantic Mash-ups



SWS as Web services that are  
managed by means of semantic  
descriptions

→ Semantic Management of WS

# Semantic Web Service Management

Objective: Semi-Automation of the Web Service **Usage/Management Process**:

- **Publication**: Make available the description of the functionality of a service
- **Discovery**: Locate different services suitable for a given task
- **Selection**: Choose the most appropriate services among the available ones
- **Composition**: Combine services to achieve a goal
- **Mediation**: Solve mismatches (data, protocol, process) among the combined
- **Execution**: Invoke services
- **Monitoring**: Control the execution process
- **Compensation**: Provide transactional support and undo unwanted effects
- **Replacement**: Facilitate the substitution of services by equivalent ones

## Problem of Discovery

- Requester and provider have different views
  - Provider sells Mutual Funds
  - Requester wants Mutual Funds of European Companies
- There is no exact match
- Matchmaker or broker needs to exploit the semantics of advertisements and requests to recognize partial matches

# Problem of Composition

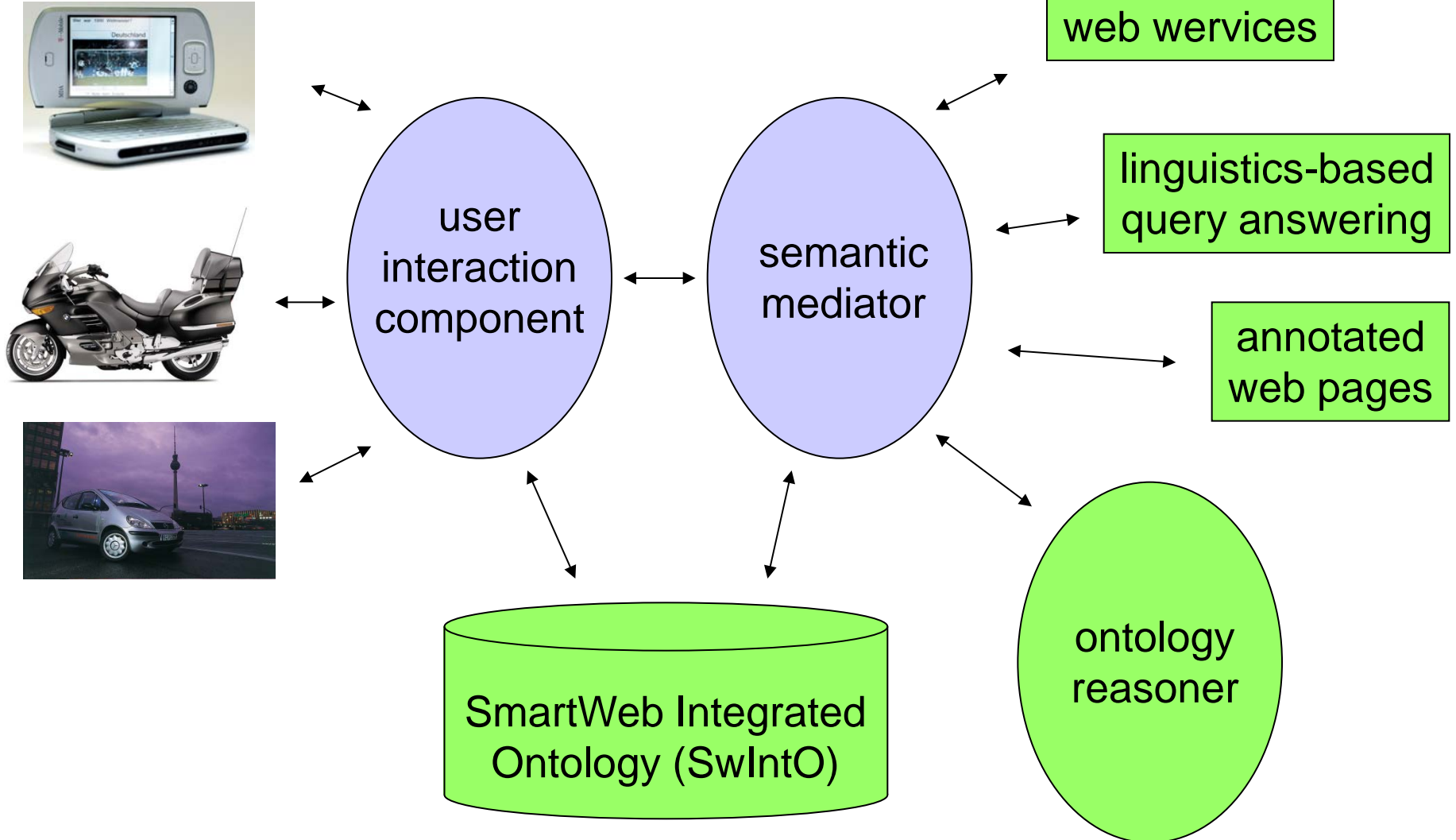
- No single Web service may achieve all goals of an agent
  - Composition is the process of chaining results from different Web services automatically
- Planning problem
  - How do the Web services fit together?
- Interoperation problem
  - How does the information returned fit together?

# SmartWeb: Mobile querying of the Semantic Web



- DFKI (Wahlster) consortium leader
- BMBF Project (IT-2006 and Futur-Programme)
- 13,7 MEuro, 2004-2007
- Builds on Verbmobil, Smartkom

# The SmartWeb System



# The SmartWeb Demonstrator

- see demo movie

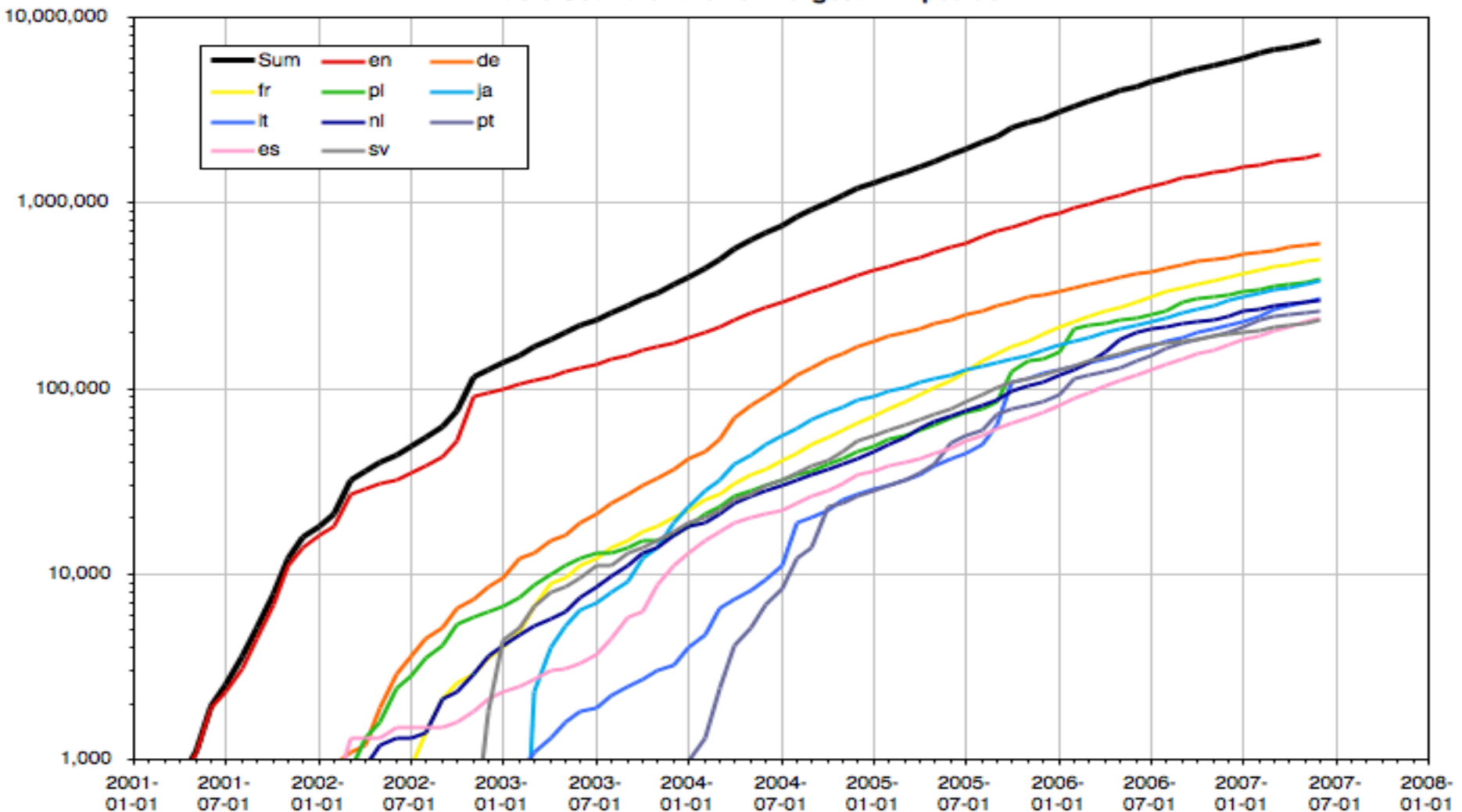
# Inhalt

1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. Grundideen des Semantic Web
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. **Semantic MediaWiki**
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung



# Wikipedia growth

Article Count for the Ten Largest Wikipedias



## Wikipedia users (english version only)

- 8.6 Mio registered users
  - About 150,000 active users
  - available in more than 260 languages
- 
- Most content from wide user base
  - Clean up / “gardening” by small group

## A Wikipedia Problem

- Reuse of content on other pages can only be done manually.
- Wikipedia is full of manually created lists with overlapping content.
- Enormous overhead to maintain the lists and to ensure quality and consistency.
- Semantic Technologies are made to resolve such issues.

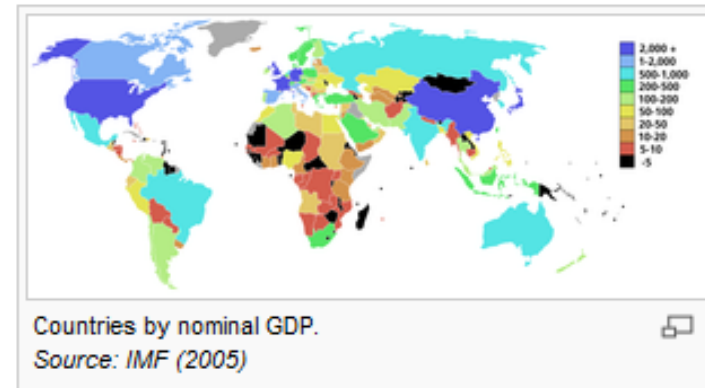
# List of countries by GDP (nominal)

From Wikipedia, the free encyclopedia

This article includes a **list of countries of the world sorted by their gross domestic product (GDP)**, the value of all final goods and services produced within a nation in a given year. The GDP dollar estimates presented here are calculated at market or government official exchange rates.

The table below includes data for the year **2005** for all 181 members of the **International Monetary Fund**, for which information is available. **Data are in millions of current United States dollars.**

It should be noted these figures do not include [Somalia](#), [Cuba](#), [North Korea](#), [Iraq](#), and several small states in Europe ([Andorra](#), [Monaco](#), [San Marino](#), [Liechtenstein](#), [Vatican City](#), [Greenland](#)) and the Pacific ([Palau](#), [Marshall Islands](#), [Micronesia](#), [Nauru](#) and [Tuvalu](#)).



Rank	Country	GDP (millions of USD)
—	<i>World</i>	<b>44,454,843</b>
—	<i>European Union</i>	13,502,800
1	<a href="#">United States</a>	12,455,825
2	<a href="#">Japan</a>	4,567,441
3	<a href="#">Germany</a>	2,791,737
4	<a href="#">People's Republic of China</a> <sup>2</sup>	2,234,133
5	<a href="#">United Kingdom</a>	2,229,472
6	<a href="#">France</a>	2,126,719
7	<a href="#">Italy</a>	1,765,537

# List of countries by GDP (nominal) per capita

From Wikipedia, the free encyclopedia

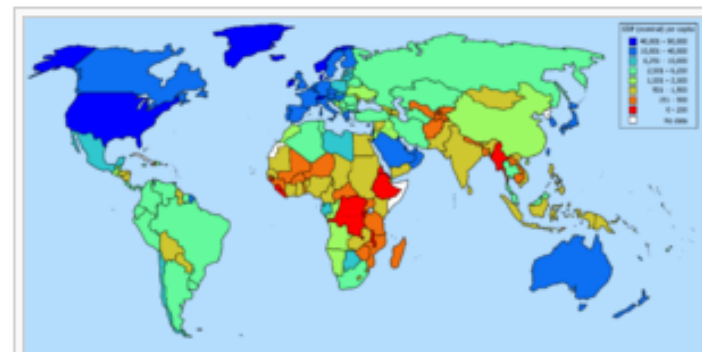
This article includes a **list of countries of the world sorted by their Gross Domestic Product (nominal) per capita**, the value of all final goods and services produced within a nation in a given year, divided by the average population for the same year.

The figures presented here do not take into account differences in the cost of living in different countries, and the results can vary greatly from one year to another based on fluctuations in the [exchange rates](#) of the country's [currency](#). Such fluctuations may change a country's ranking a great deal from one year to the next, even though they often make little or no difference to the standard of living of its population. Therefore these figures should be used with caution.

Comparisons of national wealth are also frequently made on the basis of [purchasing power parity](#) (PPP), to adjust for differences in the cost of living in different countries (See [List of countries by GDP \(PPP\) per capita](#)). PPP largely removes the exchange rate problem, but has its own drawbacks. It does not reflect the value of economic output in international trade, and it also requires more estimation than GDP per capita. On the whole PPP per capita figures are more narrowly spread than GDP per capita figures.

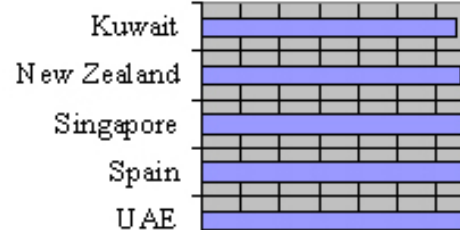
Great care should be taken when using either set of figures to compare the wealth of two countries. Often people who wish to promote or denigrate a country will use the figure that suits their case best and ignore the other one, which may be substantially different, but a valid comparison of two economies should take both rankings into account, as well as utilising other economic data to put an economy in context.

The table below includes data for the year [2005](#) for all 180 members of the [International Monetary Fund](#), for which information is available. Data are in [United States dollars](#).



Map of countries by GDP (nominal) per capita. *Source:* IMF (2005)

Rank	Country	GDP per capita
1	<a href="#">Luxembourg</a>	80,288
2	<a href="#">Norway</a>	64,193

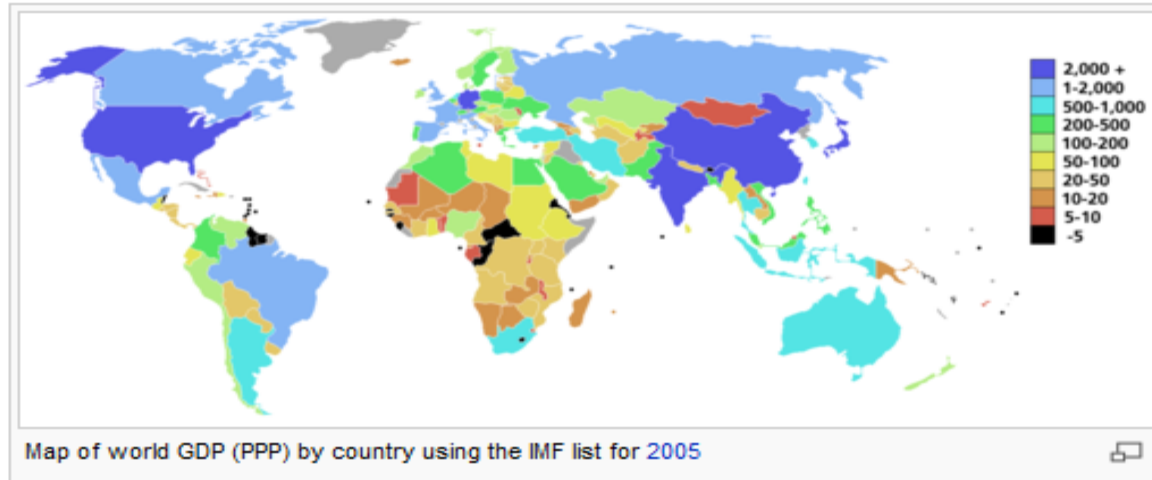


Top 20  
nominal GDP  
per capita

# List of countries by GDP (PPP)

From Wikipedia, the free encyclopedia

There are three **lists of countries of the world sorted by their gross domestic product (GDP)** (the value of all final goods and services produced within a nation in a given year). The GDP dollar estimates given on this page are derived from **Purchasing Power Parity (PPP)** calculations. Using a PPP basis is arguably more useful when comparing differences in living standards because PPP takes into account the relative cost of living and the inflation rates of the countries, rather than using just exchange rates which may distort the real differences in income. The **Market Exchange Rate (MER) GDP** is more useful for understanding the international economic purchasing power and the total value of tradeable goods and services of different countries.



- The first table includes data for the year 2005 for all 180 members of the **International Monetary Fund**, excluding **East Timor** for which information is not available, and the unranked entities: **world** and **European Union**. Data is in millions of **international dollars** and is calculated by the **International Monetary Fund**.
- The second table shows 162 national entities as well as figures for the **European Union** and the **World**. This list was compiled by the **World Bank**. Data is for the year 2005, with figures in millions of **international dollars**.
- The third table is a tabulation of the **CIA World Factbook** data update of April 2006, according to the data provided by the **CIA**. Figures are estimates in millions of international dollars, for various years ranging from 1993 to 2005 (most figures are however for the year 2005).

## List by the International Monetary Fund

Rank	Country	GDP (PPP) \$m
—	<b>World</b>	61,027,505
—	<b>European Union</b>	12,427,413
1	<b>United States</b>	12,277,583

## List by the World Bank

Rank	Country	GDP (PPP) \$m
—	<b>World</b>	61,006,604
—	<b>European Union</b>	12,626,921
1	<b>United States</b>	12,409,465

## List by the CIA World Factbook

Rank	Country	GDP (PPP) \$m
—	<b>World</b>	60,630,000
1	<b>United States</b>	12,310,000
—	<b>European Union</b>	12,180,000

# List of countries by GDP (PPP) per capita

From Wikipedia, the free encyclopedia

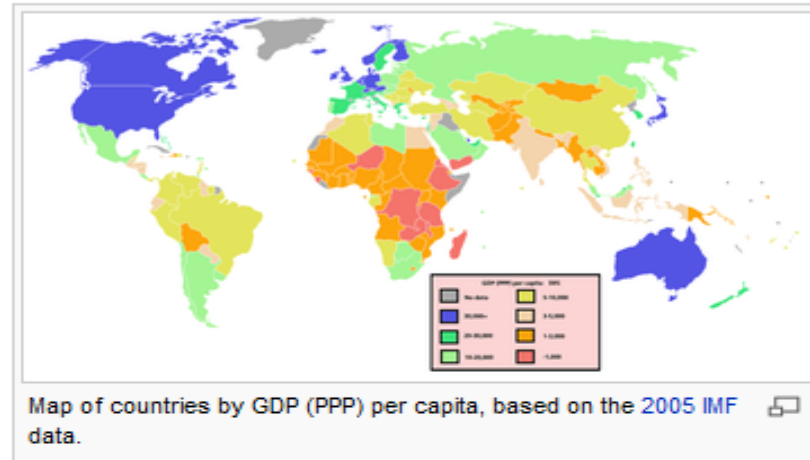
This article includes a **list of countries of the world sorted by their gross domestic product (GDP) at purchasing power parity (PPP) per capita**, the value of all final goods and services produced within a nation in a given year divided by the average population for the same year.

GDP dollar estimates here are derived from [purchasing power parity \(PPP\)](#) calculations. Such calculations are prepared by various organisations, including the [International Monetary Fund](#), the [University of Pennsylvania](#), and the [World Bank](#). As estimates and assumptions have to be made, the results produced by different organisations for the same country tend to differ, sometimes substantially. PPP per capita figures are estimates rather than hard facts, and should be used with caution.

Comparisons of national wealth are also frequently made on the basis of nominal GDP, which does not reflect differences in the cost of living in different countries. (See [List of countries by GDP \(nominal\) per capita](#).) The advantages of using nominal GDP figures include that less estimation is required, and that they more accurately reflect the participation of the inhabitants of a country in the global economy. On the whole PPP per capita figures are more narrowly spread than GDP per capita figures.

Great care should be taken when using either set of figures to compare the wealth of two countries. Often people who wish to promote or denigrate a country will use the figure that suits their case best and ignore the other one, which may be substantially different, but a valid comparison of two economies should take both rankings into account, as well as utilising other economic data to put their economies into context.

The table below includes data for the year [2005](#) for all 181 members of the [International Monetary Fund](#), for which information is available. Data are in [International dollars](#). The table excludes [Bermuda](#) which is one of the [British overseas territories](#). Bermuda has the highest GDP PPP in the world at \$69,900 (2004 est.) according to the [CIA Worldfact book](#).

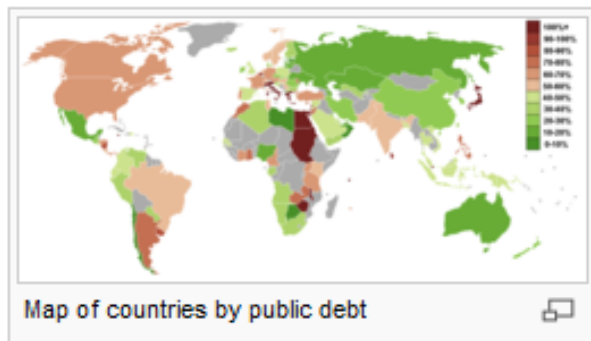


Rank	Country	GDP (PPP) \$ per capita
1	<a href="#">Luxembourg</a>	69,800
2	<a href="#">Norway</a>	42,364
3	<a href="#">United States</a>	41,399

# List of countries by public debt

From Wikipedia, the free encyclopedia

This is a **list of countries by public debt** as percentage of **gross domestic product**, based on **The World Factbook**. For informational purposes several non-sovereign entities are also included in this list. All data per country is from a 2005 estimate, unless otherwise noted. Note that not all countries are included in the CIA data.



Nations by Public Debt		
Rank	Nation	Public debt (% of GDP)
1	<a href="#">Malawi</a>	195.90
2	<a href="#">Lebanon</a>	180.50
3	<a href="#">Seychelles</a>	167.00
4	<a href="#">Japan</a>	158.00
5	<a href="#">Jamaica</a>	128.70
6	<a href="#">Zimbabwe</a>	109.80
7	<a href="#">Italy</a>	108.80
8	<a href="#">Sudan</a>	107.00
9	<a href="#">Greece</a>	106.80
10	<a href="#">Egypt</a>	104.70
11	<a href="#">Singapore</a>	102.90
12	<a href="#">Israel</a>	99.70
13	<a href="#">Belgium</a>	94.30
14	<a href="#">Sri Lanka</a>	92.80



# List of countries by military expenditures

From Wikipedia, the free encyclopedia

**To meet Wikipedia's [quality standards](#), this article or section may require [cleanup](#).**

Please discuss this issue on the [talk page](#), or replace this tag with a [more specific message](#). [Editing help](#) is available.

This article has been tagged since **June 2006**.





## Contents [\[hide\]](#)

- 1 [Stockholm International Peace Research Institute Figures](#)
- 2 [List of countries by military expenditures](#)
- 3 [Notes](#)
- 4 [Reference](#)
- 5 [See also](#)

## Stockholm International Peace Research Institute Figures

[\[edit\]](#)

This is a **list of the fifteen countries with the highest defence budgets** for the year 2005. The information is the most up-to-date from the [Stockholm International Peace Research Institute](#), which is used to calculate defense spending by the British Ministry of Defence and many other government ministries in the European Union. Total World spending amounted to \$1.0 trillion in 2005, with about half of the total amount spent by the [United States](#).

Rank		Country	Defence Budget, USD	Date of information
—		<b>World Total</b>	<b>1,000,000,000,000</b>	2005
1		<a href="#">United States</a>	478,200,000,000	2005
		<a href="#">European Union</a>	216,961,000,000	2006 est.
2		<a href="#">United Kingdom</a>	60,641,903,700	2006/07
3		<a href="#">France</a>	46,200,000,000	2005

# List of countries by population

From Wikipedia, the free encyclopedia

See also: *List of countries by population in 2005*, *List of countries by population in 1907*

This is a **list of sovereign states and other territories by population**, using the most recently available official figures. Because such figures are not collected at the same time in every country, or with the same level of accuracy, the resulting rankings may be misleading.

The list includes all sovereign states and *dependent territories* recognized by the *United Nations* plus the 7 sovereign states that are not recognised by the United Nations.<sup>[1]</sup>

## Contents [hide]

- 1 List of countries by population
- 2 Maps
- 3 Notes
- 4 See also
- 5 External links

## List of countries by population

[edit]

Rank	Country / Territory	Population	% of World Population	Notes
—	<i>World</i>	<b>6,560,000,000</b>	<b>100%</b>	<span>population clock</span> <span><span><span></span></span></span>
1	<span><span><span></span></span><span> </span></span> People's Republic of China <sup>[2]</sup>	1,314,100,000	20.03%	<span>population clock</span> <span><span><span></span></span></span> , <sup>[3]</sup>
2	<span><span><span></span></span><span> </span></span> India	1,120,000,000	17.07%	<span>population clock</span> <span><span><span></span></span></span> , <sup>[4]</sup>
3	<span><span><span></span></span><span> </span></span> United States	300,300,000	4.58%	<span>population clock</span> <span><span><span></span></span></span>
4	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Indonesia	233,400,000	3.56%	<span>population clock</span> <span><span><span></span></span></span>
5	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Brazil	187,650,000	2.86%	<span>population clock</span> <span><span><span></span></span></span>
6	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Pakistan	158,750,000	2.42%	<span>population clock</span> <span><span><span></span></span></span>

# List of countries by length of coastline

From Wikipedia, the free encyclopedia

This is a **list of countries by length of coastline**, in **kilometers**, based on data for the year 2005 by the CIA World Factbook. [1]  Coastline of 0 indicates that the country is **landlocked**. However, because **length of coastline** is a **fractal** measurement, measurements of a country's coastline at different scales will be different - the more detail, the longer the coastline will be. This is why there are different amounts given for a country's coastline.

Rank	Country	Land area (km²)	Land boundary (km)	Coastline (km)	Total perimeter (km)	Coast/Area Ratio (m/km²)	Coast/Perimeter Ratio (%)
1	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Canada	9,220,970	8,893	202,080	210,973	21.915	95.8%
2	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Norway	324,220	2,515	83,281	85,796	256.866	97.1%
3	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Indonesia	1,826,440	2,830	54,716	57,546	29.958	95.1%
4	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Russia	16,995,800	19,917	37,653	57,570	2.215	65.4%
5	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Philippines	298,170	-	36,289	36,289	121.706	100.0%
6	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Japan	374,744	-	29,751	29,751	79.390	100.0%
7	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Australia	7,617,930	-	25,760	25,760	3.381	100.0%
8	<span><span><span></span></span><span> </span></span> United States	9,158,960	12,219	19,924	32,143	2.175	62.0%
9	<span><span><span></span></span><span> </span></span> New Zealand	268,680	-	15,134	15,134	56.327	100.0%
10	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Greece	130,800	1,160	14,880	16,040	113.761	92.8%
11	<span><span><span></span></span><span> </span></span> People's Republic of China	9,326,410	22,147	14,500	36,647	1.555	39.6%
12	<span><span><span></span></span><span> </span></span> United Kingdom	241,590	360	12,429	12,789	51.447	97.2%
13	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Mexico	1,923,040	4,538	9,330	13,868	4.852	67.3%
14	<span><span><span></span></span><span> </span></span> Italy	294,020	1,932	7,600	9,532	25.849	79.7%

# List of countries receiving snowfall

From Wikipedia, the free encyclopedia

*Main article: Snow*

This is a **list of countries receiving snow**.

**Contents** [\[show\]](#)

## At or below 1,000 meters above [Sea Level](#)

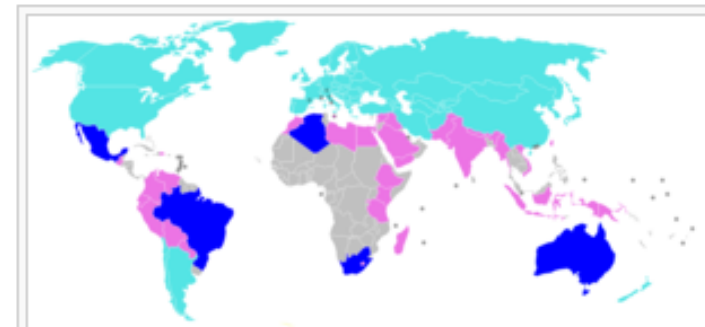
[\[edit\]](#)

### Europe

[\[edit\]](#)

(every country except [Malta](#))

- [Albania](#)
- [Andorra](#)
- [Austria](#)
- [Belarus](#)
- [Belgium](#)
- [Bosnia-Herzegovina](#)
- [Bulgaria](#)
- [Croatia](#)
- [Czech Republic](#)
- [Denmark](#)
- [Estonia](#)
- [Finland](#)
- [France](#)
- [Georgia](#)
- [Germany](#)
- [Greece](#)



Cyan = snows at 1000m or below; Blue = may snow at or below 1000m, but very rarely; Magenta = only snows higher than 1000m

# Making Wikipedia List Management easier

What you would like to have:

For each country, all information on that country is located on the country's Wikipedia page.

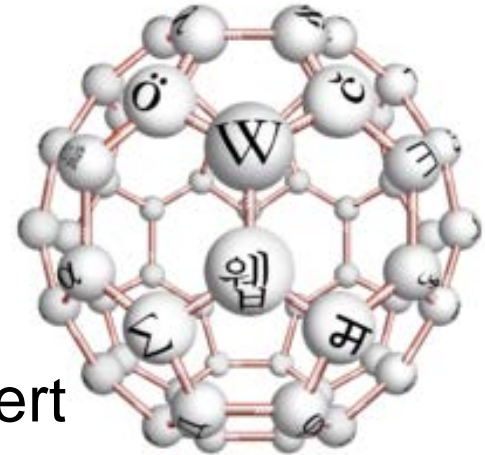
Creation of the lists automatically – using some suitable query language which can be used in Wikipedia pages.

# Semantic Mediawiki



- Enhancement of Mediawiki (used in Wikipedia)
- Simple knowledge representation techniques
- Added value for user
- In particular:
  - better data reuse
  - enhancement of querying

# Semantic MediaWiki



- Idee: Wiki-interne Links werden typisiert
  - z.B. Link von Veröffentlichung zu Autor bekommt Typ "Has Author"
- Ermöglicht u.a.
  - Wiki-interne Suche mit Metadaten
  - flexible Erstellung von Listen
  - interne Strukturierung
  - inter-Wiki Konsistenz
  - externe Wiederverwendung der Inhalte

The screenshot shows the AIFB Semantic MediaWiki page. At the top, there's a navigation bar with 'article', 'discussion', 'edit', and 'history' buttons. The main content area includes a description of AIFB (the Institut für Angewandte Informatik und Formale Beschreibungsmethoden) at the University of Karlsruhe. Below this, there are sections for 'Members within this wiki' listing several names, 'External Links' with a link to the AIFB homepage, and 'Facts about AIFB' which shows semantic relations like 'Part of' (University of Karlsruhe), 'is located in' (Karlsruhe), and 'Has research topic' (Semantic Web). A sidebar on the left contains navigation and search options.



## Knowledge Technologies – Semantic MediaWiki

- Description
  - Semantic MediaWiki introduces some additional markup into the wiki-text which allows users to add "semantic annotations".
- Structured Knowledge Representation (with RDF export)
- Extensions
  - for *typed* Links
    - **Previously:** ... Karlsruhe is located in [[Germany]] ...
    - **New:** ... Karlsruhe is located in [[has location::Germany]] ...
  - for Annotations
    - **Previously:** ... Karlsruhe has 280.000 inhabitants ...
    - **New:** ... Karlsruhe has [[inhabitants:=280000]] ...





## navigation

- [Main Page](#)
- [Tools](#)
- [Ontologies](#)
- [People](#)
- [Events](#)

## services

- [Editing help](#)
- [Browse wiki](#)
- [OWL/RDF feeds](#)
- [Recent changes](#)

## search




## toolbox

- [What links here](#)
- [Related changes](#)
- [Upload file](#)
- [Special pages](#)
- [Printable version](#)
- [Permanent link](#)
- [Browse properties](#)

## Tim Berners-Lee

**Sir Tim Berners-Lee** is the inventor of the Web and the director of [W3C](#). Moreover, he holds a chair at [CSAIL](#) (MIT). If you do not know about Sir Tim Berners-Lee, you should probably [look him up in Wikipedia](#).

**Timothy Berners-Lee** vCard

[timbl@w3.org](mailto:timbl@w3.org)

Affiliation: [W3C](#)

Homepage: [at w3c](#)

See also: [FOAF](#)

Category: [Person](#)

special

# Browse wiki



- navigation
- Main Page
  - Tools
  - Ontologies
  - People
  - Events

- services
- Editing help
  - Browse wiki
  - OWL/RDF feeds
  - Recent changes

search

Go Search

- toolbox
- Upload file
  - Special pages

## Tim Berners-Lee

<b>Affiliation</b>	W3C + ⓘ
<b>Email</b>	timbl@w3.org ✉ + 🔍
<b>Foaf:mbox</b>	timbl@w3.org ✉ + 🔍
<b>Homepage</b>	http://www.w3.org/People/Berners-Lee/ 🔗 + 🔍
<b>Member of</b>	W3C + ⓘ, CSAIL + ⓘ, MIT + ⓘ
<b>Name</b>	Timothy Berners-Lee + 🔍
<b>See also</b>	http://www.w3.org/People/Berners-Lee/card 🔗 + 🔍
<b>Categories</b>	Person + ⓘ

hide properties that link here

Michael Hausenblas + ⓘ	<b>Foaf:knows</b>
The Semantic Web + ⓘ	<b>Has author</b>

Enter the name of the page to start browsing from.

Go



- navigation
- [Main Page](#)
  - [Tools](#)
  - [Ontologies](#)
  - [People](#)
  - [Events](#)

- services
- [Editing help](#)
  - [Browse wiki](#)
  - [OWL/RDF feeds](#)
  - [Recent changes](#)

search

- toolbox
- [What links here](#)
  - [Related changes](#)
  - [Upload file](#)
  - [Special pages](#)
  - [Printable version](#)
  - [Permanent link](#)
  - [Browse properties](#)

- property**
- [discussion](#)
- [edit](#)
- [history](#)
- [move](#)
- [watch](#)

# Property:Has author

The property **has author** relates a [paper](#) or similar publication to each of its authors. Its inverse is [property:wrote](#) or [property:writing](#) for work still in progress.

## Subproperties

This property has the following 2 subproperties.

- A**
  - [Author](#)
- W**
  - [Written by](#)

([previous 25](#)) ([next 25](#))

## Pages using the property "Has author"

Showing 25 pages using this property.

- A**
  - [A Survey of the Web Ontology Landscape](#) + [Taowei Wang](#) + , [Bijan Parsia](#) + , [Jim Hendler](#) +
  - [AceRules](#) + [Tobias Kuhn](#) +
  - [AceWiki](#) + [Tobias Kuhn](#) + , [Loic Royer](#) +
  - [ActiveRDF](#) + [Eyal Oren](#) +
  - [Artificial Memory](#) + [Lars Ludwig](#) +

[page](#) [discussion](#) [edit](#) [history](#) [move](#) [watch](#)



# The Semantic Web

**The Semantic Web** is an article written by [Tim Berners-Lee](#), [James Hendler](#) and [Ora Lassila](#) published in the May 2001 issue of [Scientific American](#). It describes how the Web of the future will cope with meaning and offers a number of scenarios.

It is the canonical citation for the [Semantic Web](#).

## Link

[\[edit\]](#)

- [Read the paper](#) 
- [German translation](#) 

### navigation

- [Main Page](#)
- [Tools](#)
- [Ontologies](#)
- [People](#)
- [Events](#)

### services

- [Editing help](#)
- [Browse wiki](#)
- [OWL/RDF feeds](#)
- [Recent changes](#)

### search

### toolbox

- [What links here](#)
- [Related changes](#)
- [Upload file](#)
- [Special pages](#)



## Editing The Semantic Web



'''The Semantic Web''' is an article written by [[Has author::Tim Berners-Lee]], [[Has author::James Hendler] and [[Has author::Ora Lassila]] published in the May 2001 issue of [[published in::Scientific American]]. It describes how the Web of the future will cope with meaning and offers a number of scenarios.

It is the canonical citation for the [[about::Semantic Web]].

== Link ==

\* [http://www.sciam.com/article.cfm?articleID=00048144-10D2-1C70-84A9809EC588EF21 Read the paper]

\* [http://www.spektrum.de/artikel/827866&\_z=798888 German translation]

### navigation

- [Main Page](#)
- [Tools](#)
- [Ontologies](#)
- [People](#)
- [Events](#)

### services

- [Editing help](#)
- [Browse wiki](#)
- [OWL/RDF feeds](#)
- [Recent changes](#)

### search

### toolbox

- [What links here](#)
- [Related changes](#)
- [Upload file](#)
- [Special pages](#)

Please note that all contributions to semanticweb.org may be edited, altered, or removed by other contributors. If you do not want your writing to be edited mercilessly, then do not submit it here.

You are also promising us that you wrote this yourself, or copied it from a public domain or similar free resource (see

- services
- Editing help
  - Browse wiki
  - OWL/RDF feeds
  - Recent changes

search

Go Search

- toolbox
- What links here
  - Related changes
  - User contributions
  - Logs
  - E-mail this user
  - Upload file
  - Special pages
  - Printable version
  - Permanent link
  - Browse properties

## papers authored by Jim Hendler [edit]

```

{{#ask: [[Has author::Jim Hendler]]
| ?Has author
| ?accepted by
}}

```

	Has author	Accepted by
<a href="#">A Survey of the Web Ontology Landscape</a>	Taowei Wang Bijan Parsia Jim Hendler	ISWC2006
<a href="#">The Semantic Web</a>	Tim Berners-Lee Jim Hendler Ora Lassila	

## papers authored by Jim Hendler and Bijan Parsia [edit]

```

{{#ask: [[Has author::Jim Hendler]] [[Has author::Bijan Parsia]]
| ?Has author
| ?accepted by
}}

```

	Has author	Accepted by
<a href="#">A Survey of the Web Ontology Landscape</a>	Taowei Wang Bijan Parsia Jim Hendler	ISWC2006

## Semantic Web reasoners with stable releases [edit]

```

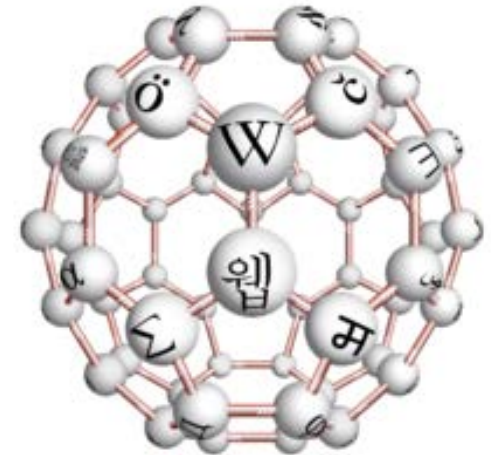
{{#ask: [[Category:Reasoner]] [[Status::stable]]
| ?Category
| ?Release date = Released
| ?License
| ?Affiliation=By
}}

```

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Category	<input type="checkbox"/> Released	<input type="checkbox"/> License	<input type="checkbox"/> By
AllegroGraph	RDF store Reasoner	19 May 2008	Pay Licensed Closed Source	Franz Inc
FaCT++	Reasoner	28 March 2008	GPL	University of Manchester
Internet Business Logic	Ontology engineering tool Business Rule Ontology editor Ontology language Artificial Intelligence Query language Reasoner Semantic wiki	30 April 2008	Webapp, free shared use, also commercial subscription	Reengineering LLC
KAON2	Reasoner	14 January 2008	Pay Licensed Closed Source	University of Manchester FZI AIFB
OWLIM	Reasoner	10 September 2007		Ontotext
Pellet	Reasoner	1 May 2008	MIT license	Clark & Parsia
RacerPro	Reasoner	5 December 2005	Pay Licensed Closed Source	Racer Systems

# Semantic MediaWiki

- Open Source. An vielen Stellen weltweit im praktischen Einsatz.
  - Psychology Wiki (911905 pages)
  - Recipies Wiki (141909 pages)
  - ...
- Einsatz in Wikipedia weitgehend geklärt
- Hauptentwickler:  
Markus Krötzsch (AIFB Karlsruhe)





## Applications

- Automatic tables and lists
  - E.g. Countries sorted by area, population, alphabet, ...
- **Maintenance** with hand crafted checks
  - Does every country have one capital?
- Integration in applications
  - `latte = wikipedia.get("Latte Macchiatto");`  
`print latte["contains"]`
- Visualization and browsing
- ... And many unexpected ones

# Anwendungsbeispiel: Service Mashups

- Semantische Erweiterung von MediaWiki die Typisierung von Links und die Annotation einer Seite mit Fakten.
  - Karlsruhe is a city in [[country::Germany]] with an area of [[area::173.46 km<sup>2</sup>]].

The screenshot shows a MediaWiki page for "Berlin" with several semantic features:

- Navigation:** Links for "page", "discussion", "edit", and "history".
- Text:** A paragraph describing Berlin as the capital of Germany, its area (891.69 square kilometers), and its history.
- External links:** A link to "www.berlin.de" and a "Template Ask" button.
- Facts about Berlin:** A section listing various facts with semantic annotations:
  - Adjacent to: Spree, and Havel
  - Area: 891,690,000 m<sup>2</sup> (891.69 km<sup>2</sup>, 89,169 ha, 344.283 miles<sup>2</sup>)
  - Area code: 030
  - Capital of: Germany
  - Coordinates: 52°30'60"N, 13°24'0"E
  - Elevation above sea level: 34 m (3,400 cm, 0.034 km, 3.4e+13 pm, 0.0211 mi, 111.549 ft, 1,338.583 in, 3.59388e-15 M)
  - In layer: German cities
  - Instance of: State
  - Layer image height: 25
- Coat of Arms:** A shield with a black bear on a white background, topped with a golden crown.

# Anwendungsbeispiel: Service Mashups

page discussion edit history

Visit the Main Page [alt-shift-z]

## German cities query

This is essentially the same example as the one on the Main Page, but uses a query instead of a predefined layer.

**Berlin**  
Population: 3,391,407  
Capital of: Germany

The following wikitext was used to generate the above map.

```

{{#ask: [[Category:City]] [[Located in::Germany]]
| ?Coordinates
| ?Population
| ?Capital of
| format=map
| width=600
| height=400
| layers+=GoogleNormal({})-GoogleSatellite({})-GoogleHybrid({})-World_Map({})-Satellite
| startextent=3,5,47,16.5,55
| contentslabel=Cities in Germany
}}

```

[http://s89238293.onlinehome.us/w/index.php?title=German\\_cities\\_query](http://s89238293.onlinehome.us/w/index.php?title=German_cities_query)

http://s89238293.onlinehome.us/w/index.php?title=Main\_Page

Verknüpfen von Daten aus verschiedenen Quellen:  
Landkarte mit Wiki-Daten wird über den Web Service Google Maps generiert.

# Inhalt

1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. Grundideen des Semantic Web
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. Semantic MediaWiki
5. **Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web**
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung

# Wissensrepräsentation für das Semantic Web

- Für semantische Anwendungen muss das Wissen formal repräsentiert werden.
- Welche Sprachen sind dafür geeignet?
- Zur Beschreibung von Wissen benötigt man *deklarative* Sprachen.
- Traditionell sind solche Sprachen logikbasiert.
  - formale Semantik (festgelegte Bedeutung)
  - Zugriff auf implizites Wissen (Reasoning)

# Einfaches Reasoning

Wenn ich nach Mitgliedern  
einer Fussballmannschaft  
frage, interessieren mich  
auch die Torhüter ...

Wenn ich eine Liste aller  
Städte möchte, dann  
müssen auch die  
Hauptstädte dabei sein ...

*Inheritance Reasoning*



## Schweres Reasoning

Wie war nochmal der Name dieses russischen Forschers, der an resolutionsbasierten Verfahren für EL gearbeitet hat?

*Beantwortung erfordert Integration über viele Webseiten sowie Hintergrundwissen.*

*Mit Semantic Web ist das einfach ...*

Sind Hummer Spinnen?

Was heißt "Käuzchen" auf Englisch?

## Forderungen aus Anwendungsszenarien

Die Auswertung der  
Sensordaten ist  
unscharf. Wie gehe  
ich damit um?

*Fuzzy/probabilistisches Reasoning*

Kollaborative  
Eingabe von  
Wissen führt zu  
Inkonsistenzen.  
Wie gehen wir  
damit um?

*Parakonsistentes  
Reasoning*

Auf Thinkpads  
läuft  
normalerweise  
Windows ...

*Nicht-monotones  
Reasoning*



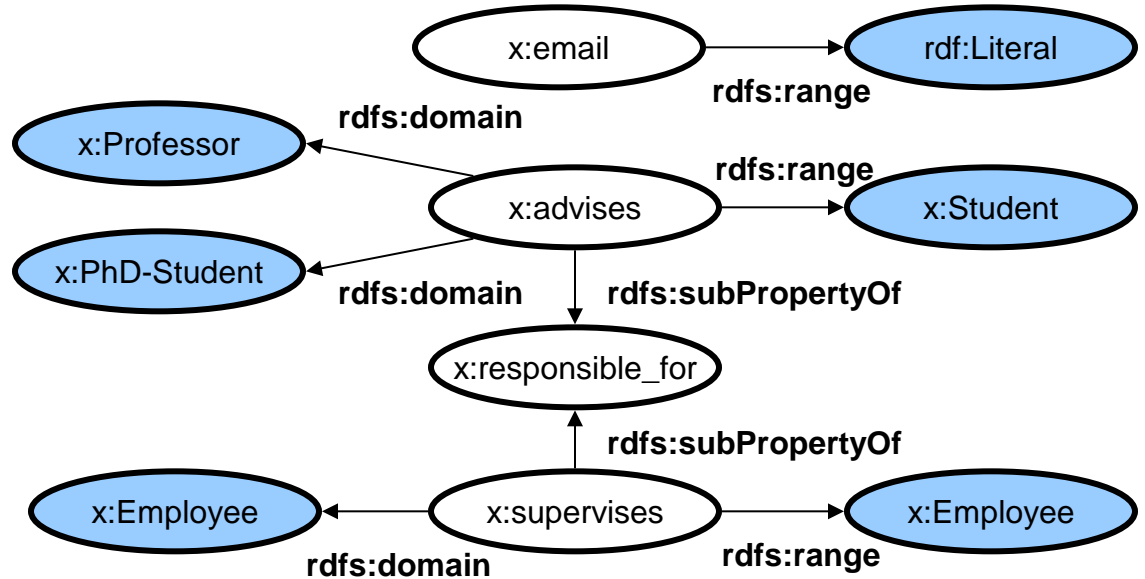
# RDF/RDF Schema (Resource Description Framework)

- W3C-Standard seit April 2004.
- XML-Syntax für die Repräsentation einfacher Ontologien.
- Classes (unäre Prädikate), subclassOf-Relation
- Properties (binäre Prädikate), subPropertyOf-Relation
- RDF-Statements sind Tripel (Objekt, Property, Objekt)
  - Objekts sind
    - URIs
    - Classes
    - Properties
    - oder wieder Tripel(!)

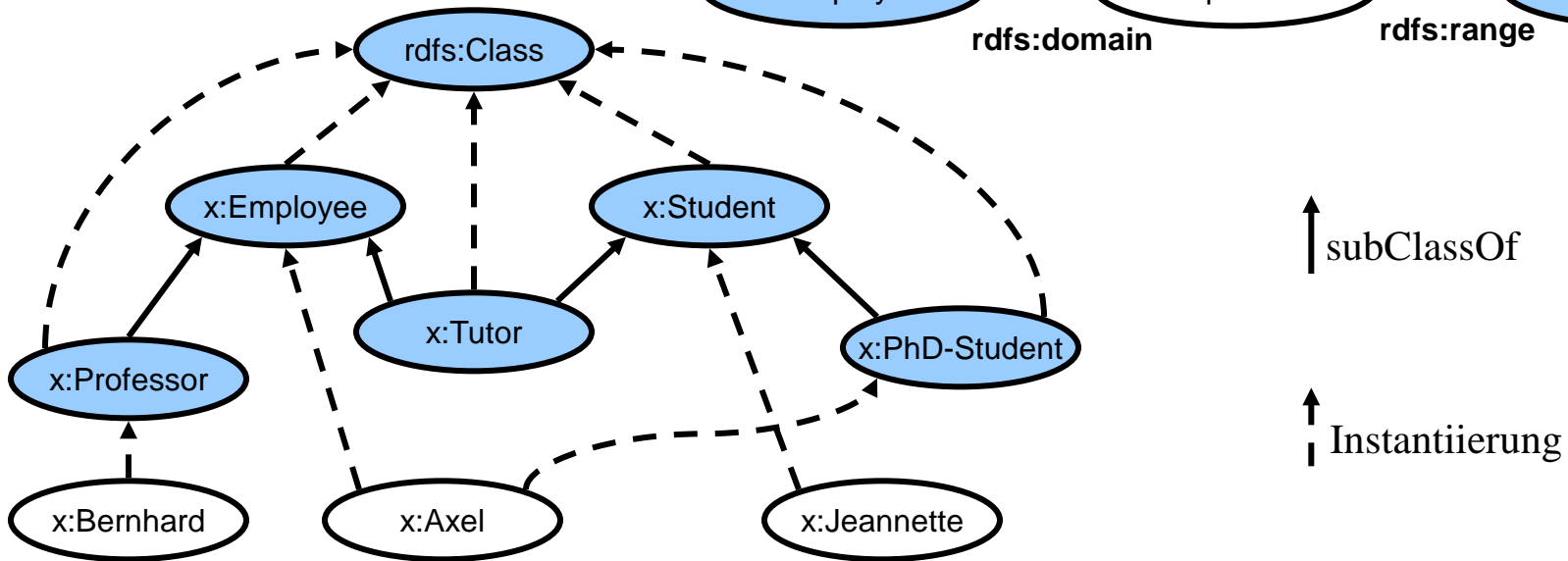


# RDF Schema – Beispiel

Deklaration von Properties



Deklaration von Classes



# RDFS Semantik

- I.W. definiert via Ableitungsregeln, z.B.

$$\frac{u \text{ rdfs:subClassOf } x . \quad v \text{ rdf:type } u .}{v \text{ rdf:type } x .}$$
$$\frac{u \text{ rdfs:subClassOf } v . \quad v \text{ rdfs:subClassOf } x .}{u \text{ rdfs:subClassOf } x .}$$

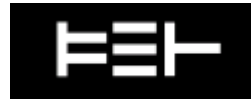
## RIF (Rule Interchange Format)

- Syntaktisches Regelformat zur Interoperabilität von Regelsystemen
- W3C Standard (vorauss. 2009)
- RIF-core im Wesentlichen Hornlogik
- Erweiterungen, die die meisten Regelparadigmen abdecken, wie Business Rules, Logikprogrammierung, Production Rules, etc.

# Beispiel F-Logic



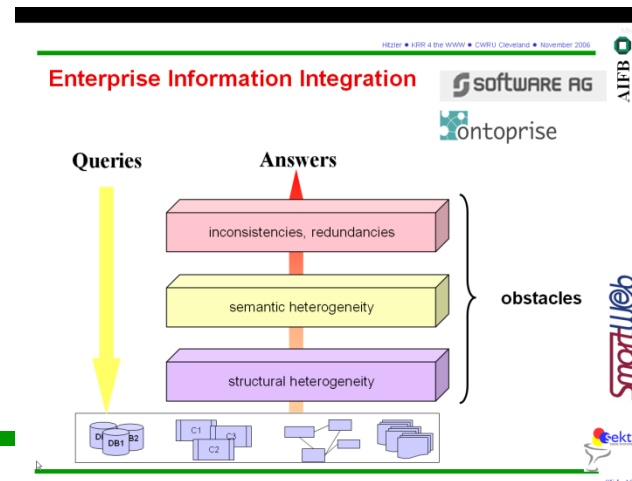
- Kifer, Lausen, Wu 1995.
- Logikprogrammierung plus syntaktischer Zucker mit objektorientiertem Charakter.
- Gute Skalierbarkeit für industriellen Gebrauch.
- W3C member submission “Web Rule Language WRL”.
- Well-founded semantics (nicht-monoton).




KUKA Xpert - Suche / Anzeige - Erweiterte Suche eingeloggt als

▣ Robotertyp: KR30/1 ▣ Steuerung: KRC3 ▣ Software: KRC 1.1.10b ▣ Applikation: Fräsen ▣ Suche verändern  
▣ Suchbegriff: grundachse leckt ▣ Neue Suche

Fehler (6)	Fehlermeldung	Treffer	Nutzen	Ranking
▣ F_M_004	Leckage an Grundachse A2	Meldung	76	2.87
▣ F_M_006	Öl im Armgehäuse	Meldung	70	1.00
▣ OH_2873	LTC: Initialisierung fehlgeschlagen (Grund: %1)	Meldung		0.90
▣ OH_2899	Start blockiert (Steuerung: %1, Grund: %2)	Meldung		0.90
▣ F_M_007	Druckverlust Hydropneumatischer GWA	Meldung	82	0.87
▣ F_M_008	Druckverlust Gas-GWA	Meldung	37	0.87



## F-Logic – Beispiel

```
/* fakten */
abraham:man.          sarah:woman.
isaac:man[father->abraham; mother->sarah].

/* konzeptionelles wissen */
man::person.
person[father=>man].

/* regeln */
FORALL X,Y X[son->>Y] <- Y:man[father->X].
jacob[son@(leah)->>{reuben, simeon};
        son@(rachel)->>{joseph, benjamin}].

/* queries */
FORALL X,Y <- X:woman[son->>Y[father->abraham]].
```

# Web Ontology Language OWL

- Ausdrucksstärker als RDFS.
- W3C-Standard seit Februar 2004.
- OWL DL: Fragment der Prädikatenlogik 1. Stufe.
- OWL Full: OWL DL zuzüglich Reifikation (etc.).
  
- Standardisierte Variante OWL DL.
  - Beschreibungslogik **SHOIN(D)**.
  - Entscheidbar.
  - Weitgehend kompatibel zu RDFS.



## OWL DL – einfaches Beispiel

**TBox:** human  $\forall$   $\exists$ hasParent.>

orphan  $\hat{=}$  human  $\wedge$   $\neg$   $\exists$ hasParent.alive

**Übersetzung in die PL:**

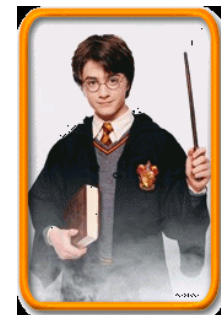
$(\exists X) ( \text{human}(X) \wedge \neg (\exists Y) \text{hasParent}(X, Y) )$

$(\exists X) ( \text{orphan}(X) \hat{=}$

$( \text{human}(X) \wedge \neg (\exists Y) ( \text{hasParent}(X, Y) \wedge \text{alive}(Y) ) ) )$

**ABox:** orphan(harrypotter)

hasParent(harrypotter, jamespotter)





# RDF Schema als Ontologiesprache?

- geeignet für einfache Ontologien
- Vorteil: automatisches Schlussfolgern ist relativ effizient
- aber: für komplexere Modellierungen ungeeignet
- Rückgriff auf mächtigere Sprachen, wie
  - OWL
  - F-Logik

# Warum verschiedene Ontologiesprachen?

- RDFS
  - für einfache Ontologien
  - effizientes Schlußfolgern
  - keine komplexen Konstrukte
- F-Logik
  - regelbasiertes Paradigma, closed world
  - prozedurale Anklänge
  - unentscheidbar (theoretisch schwierig)
- OWL
  - klassische Logik, open world
  - rein deklarativ
  - entscheidbar

# Inhalt

1. Motivation: Wozi...
2. Grundideen des
3. Beispielhafte Anwen...
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrep... das  
Semantic Web
6. **Einführung in die Semantic Web  
Ontologiesprache OWL**
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL,  
Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung

**PAUSE?**

# Inhalt

1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. Grundideen des Semantic Web
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
- 6. Einführung in die Semantic Web  
Ontologiesprache OWL**
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL,  
Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung

# OWL Agenda

- **OWL - Allgemeines**
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien
- OWL in der Praxis

# OWL DL 1.0

- OWL 1.0 standardisiert 2004
  - normative Syntax: RDF syntax
    - **wie im Folgenden erklärt**
  - Semantik wird nur intuitiv erläutert
- 2009 kommt OWL 2
  - weitere normative (funktionale) Syntax
  - Erweiterung von OWL 1.0 + bugfixes

## OWL Varianten (OWL 1.0)

- OWL Full
  - enthält OWL DL und OWL Lite
  - enthält ganz RDFS
  - unentscheidbar
  - kaum Relevanz in der Praxis
- OWL DL
  - enthält OWL Lite
  - wichtigstes Fragment, entspricht SHOIN(D)
  - entscheidbar
- OWL Lite
  - wird wohl verschwinden ...

## OWL DL Semantik

- OWL Wissensbasen lassen sich in die Prädikatenlogik erster Stufe übersetzen.
- Die formale Semantik ist die der Prädikatenlogik.
- Logisches Schlussfolgern wird i.d.R. durch Tableauverfahren realisiert.



# OWL Dokumente

- sind RDF Dokumente  
(zumindest in der Standard-Syntax; es gibt auch andere)
- bestehen aus
  - Kopf mit allgemeinen Angaben
  - Rest mit der eigentlichen Ontologie

# Der Kopf eines OWL Dokumentes

## Definition von Namespaces in der Wurzel

```
<rdf:RDF
  xmlns      = "http://www.semanticweb-grundlagen.de/beispielontologie#"
  xmlns:rdf  = "http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:xsd  = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:rdfs = "http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:owl  = "http://www.w3.org/2002/07/owl#">
  ...
</rdf:RDF>
```

# Der Kopf eines OWL Dokumentes

## Allgemeine Informationen

```
<owl:Ontology rdf:about="">
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
    SWRC Ontologie in der Version vom Dezember 2005
  </rdfs:comment>
  <owl:versionInfo>v0.5</owl:versionInfo>
  <owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb-grundlagen.de/foo"/>
  <owl:priorVersion rdf:resource="http://ontoware.org/projects/swrc"/>
</owl:Ontology>
```

# Der Kopf eines OWL Dokumentes

von RDFS geerbt

`rdfs:comment`

`rdfs:label`

`rdfs:seeAlso`

`rdfs:isDefinedBy`

außerdem

`owl:imports`

für Versionierung

`owl:versionInfo`

`owl:priorVersion`

`owl:backwardCompatibleWith`

`owl:incompatibleWith`

`owl:DeprecatedClass`

`owl:DeprecatedProperty`

# OWL Agenda

- OWL - Allgemeines
- **Klassen, Rollen und Individuen**
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien
- OWL in der Praxis

# Klassen, Rollen und Individuen

Die drei Bausteine von Ontologieaxiomen.

Klassen

Vergleichbar mit Namen für Mengen

Individuen

Vergleichbar mit Elementen in Mengen

Rollen

Vergleichbar mit zweiwertigen Prädikaten

# Klassen

## Definition

```
<owl:Class rdf:ID="Professor" />
```

## vordefiniert:

```
owl:Thing
```

```
owl:Nothing
```

# Individuen

## Definition durch Klassenzugehörigkeit

```
<rdf:Description rdf:ID="RudiStuder">  
<rdf:type rdf:resource="#Professor" />  
</rdf:Description>
```

gleichbedeutend:

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder" />
```



## abstrakte Rollen

abstrakte Rollen werden definiert wie Klassen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit" />
```

### Domain und Range abstrakter Rollen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person" />  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation" />  
</owl:ObjectProperty>
```

## konkrete Rollen

konkrete Rollen haben Datentypen im Range

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Vorname" />
```

Domain und Range konkreter Rollen

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Vorname">  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person" />  
  <rdfs:range rdf:resource="&xsd:string" />  
</owl:DatatypeProperty>
```

Viele XML Datentypen können verwendet werden.

Im Standard vorgeschrieben sind `integer` und `string`.

# Individuen und Rollen

```
<Person rdf:ID="RudiStuder">  
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#AIFB" />  
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#ontoprise" />  
  <Vorname rdf:datatype="xsd:string">Rudi</Vorname>  
</Person>
```

Rollen sind im allgemeinen nicht funktional.

# OWL Agenda

- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- **Klassenbeziehungen**
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien
- OWL in der Praxis

# Einfache Klassenbeziehungen

```
<owl:Class rdf:ID="Professor">
  <rdfs:subClassOf
    rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Fakultaetsmitglied">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass Professor eine Subklasse von Person ist.

## Einfache Klassenbeziehungen

```
<owl:Class rdf:ID="Professor">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:ID="Buch">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass Professor und Buch ebenfalls disjunkte Klassen sind.

# Einfache Klassenbeziehungen

```
<owl:Class rdf:ID="Buch">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>  
</owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:about="#Publikation">  
  <owl:equivalentClass rdf:resource="#Publikation"/>  
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass Buch eine Subklasse von Publication ist.

# Individuen und Klassenbeziehungen

```
<Buch rdf:ID="SemanticWebGrundlagen">
  <Autor rdf:resource="#PascalHitzler"/>
  <Autor rdf:resource="#MarkusKrötzsch"/>
  <Autor rdf:resource="#SebastianRudolph"/>
  <Autor rdf:resource="#YorkSure"/>
</Buch>
<owl:Class rdf:about="#Buch">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `SemanticWebGrundlagen` eine `Publikation` ist.



## Beziehungen zwischen Individuen

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder" />
<rdf:Description rdf:about="#RudiStuder">
  <owl:sameAs
    rdf:resource="#ProfessorStuder" />
</rdf:Description>
```

Es folgt durch Inferenz, dass ProfessorStuder ein Professor ist.

Verschiedenheit von Individuen mittels  
**owl:differentFrom.**

## Beziehungen zwischen Individuen

```
<owl:AllDifferent>
  <owl:distinctMembers
    rdf:parseType="Collection">
    <Person rdf:about="#RudiStuder" />
    <Person rdf:about="#YorkSure" />
    <Person rdf:about="#PascalHitzler" />
  </owl:distinctMembers>
</owl:AllDifferent>
```

Abgekürzte Schreibweise anstelle der Verwendung von mehreren `owl:differentFrom`.

Der Einsatz von `owl:AllDifferent` und `owl:distinctMembers` ist nur dafür vorgesehen.

## Abgeschlossene Klassen

```
<owl:Class rdf:about=#SekretaerinnenVonStuder>  
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
    <Person rdf:about="#GiselaSchillinger"/>  
    <Person rdf:about="#SusanneWinter"/>  
  </owl:oneOf>  
</owl:Class>
```

Dies besagt, dass es nur **genau diese beiden** SekretaeerinnenVonStuder gibt.

# OWL Agenda

- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- **Komplexe Klassen**
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien
- OWL in der Praxis

# Logische Klassenkonstruktoren

- logisches Und (Konjunktion):  
`owl:intersectionOf`
- logisches Oder (Disjunktion):  
`owl:unionOf`
- logisches Nicht (Negation):  
`owl:complementOf`
- Werden verwendet, um komplexe Klassen aus einfachen Klassen zu konstruieren.

# Konjunktion

```
<owl:Class rdf:about="#SekretaerinnenVonStuder">
  <owl:equivalentClass>
    <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
      <owl:Class rdf:about="#Sekretaerinnen"/>
      <owl:Class rdf:about="#AngehoeerigeAGStuder"/>
    </owl:intersectionOf>
  </owl:equivalentClass>
</owl:Class>
```

Es folgt z.B. durch Inferenz, dass alle  
SekretaerinnenVonStuder **auch** Sekretaerinnen  
sind.

# Disjunktion

```
<owl:Class rdf:about="#Professor">
  <owl:subClassOf>
    <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
      <owl:Class rdf:about="#aktivLehrend"/>
      <owl:Class rdf:about="#imRuhestand"/>
    </owl:unionOf>
  </owl:subClassOf>
</owl:Class>
```

# Negation

```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:subClassOf>
    <owl:complementOf rdf:resource="#Publikation"/>
  </owl:subClassOf>
</owl:Class>
```

semantisch äquivalente Aussage:

```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```



## Rolleneinschränkungen (**allValuesFrom**)

dienen der Definition komplexer Klassen durch Rollen

```
<owl:Class rdf:ID="Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Professor"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

D.h. *alle* Prüfer einer Prüfung müssen Professoren sein.

## Rolleneinschränkungen (**someValuesFrom**)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Person"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

D.h. jede Prüfung muss *mindestens einen* Prüfer haben.

## Rolleinschränkungen (Kardinalitäten)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:maxCardinality
        rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
        2
      </owl:maxcardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Eine Prüfung kann *höchstens zwei* Prüfer haben.

## Rolleinschränkungen (Kardinalitäten)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema" />
      <owl:minCardinality
rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
        3
      </owl:minCardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *mindestens drei* Themengebiete erstrecken.

## Rolleinschränkungen (Kardinalitäten)

```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung" >
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema" />
      <owl:cardinality
        rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
        3
      </owl:cardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *genau drei* Themengebiete erstrecken.

## Rolleneinschränkung (hasValue)

```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">
  <rdfs:equivalentClass>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
      <owl:hasValue rdf:resource="#RudiStuder"/>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:equivalentClass>
</owl:Class>
```

owl:hasValue verweist immer auf eine konkrete Instanz. Dies ist äquivalent zum Beispiel auf der nächsten Folie.

## Rolleneinschränkung (hasValue)

```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">
  <rdfs:equivalentClass>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer" />
      <owl:someValuesFrom>
        <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
          <owl:Thing rdf:about=#RudiStuder />
        </owl:oneOf>
      </owl:someValuesFrom>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:equivalentClass>
</owl:Class>
```

# OWL Agenda

- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- **Eigenschaften von Rollen**
- Anfragen an OWL-Ontologien
- OWL in der Praxis



# Rollenbeziehungen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">  
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#hatAnwesenden" />  
</owl:ObjectProperty>
```

Ebenso: owl:equivalentProperty

Rollen können auch invers zueinander sein:

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">  
  <owl:inverseOf rdf:resource="#prueferVon" />  
</owl:ObjectProperty>
```

# Rolleneigenschaften

- Domain
- Range
- Transitivität, d.h.  
 $r(a,b)$  und  $r(b,c)$  impliziert  $r(a,c)$
- Symmetrie, d.h.  
 $r(a,b)$  impliziert  $r(b,a)$
- Funktionalität  
 $r(a,b)$  und  $r(a,c)$  impliziert  $b=c$
- Inverse Funktionalität  
 $r(a,b)$  und  $r(c,b)$  impliziert  $a=c$

## Domain und Range

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

ist gleichbedeutend mit dem Folgenden:

```
<owl:Class rdf:about="\&owl;Thing">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#Zugehoerigkeit"/>  
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Organisation"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

## Domain und Range: Vorsicht!

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>  
<Zahl rdf:ID="Fuenf">  
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#Primzahlen"/>  
</Zahl>
```

Es folgt nun, dass Primzahlen eine Organisation ist!

# Rolleneigenschaften

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatKollegen">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty" />
  <rdf:type rdf:resource="&owl;SymmetricProperty" />
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatProjektleiter">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty" />
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="istProjektleiterFuer">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty" />
</owl:ObjectProperty>
<Person rdf:ID="YorkSure">
  <hatKollegen rdf:resource="#PascalHitzler" />
  <hatKollegen rdf:resource="#AnupriyaAnkolekar" />
  <istProjektleiterFuer rdf:resource="#SEKT" />
</Person>
<Projekt rdf:ID="SmartWeb">
  <hatProjektleiter rdf:resource="#PascalHitzler" />
  <hatProjektleiter rdf:resource="#HitzlerPascal" />
</Projekt>
```

## Folgerungen aus dem Beispiel

- `AnupriyaAnkolekar hatKollegen YorkSure`
- `AnupriyaAnkolekar hatKollegen PascalHitzler`
- `PascalHitzler owl:sameAs HitzlerPascal`

# OWL Agenda

- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- **Anfragen an OWL-Ontologien**
- OWL in der Praxis

# Terminologische Anfragen an OWL

- Klassenäquivalenz
- Subklassenbeziehung
- Disjunktheit von Klassen
- globale Konsistenz (Erfüllbarkeit, Widerspruchsfreiheit)
- Klassenkonsistenz: Eine Klasse ist *inkonsistent*, wenn sie äquivalent zu `owl:Nothing` ist - dies deutet oft auf einen Modellierungsfehler hin:

```
<owl:Class rdf:about="#Buch">  
  <owl:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>  
</owl:Class>
```



## Assertionale Anfragen an OWL

- Instanzüberprüfung: Gehört gegebenes Individuum zu gegebener Klasse?
- Suche nach allen Individuen, die in einer Klasse enthalten sind.
- Werden zwei gegebene Individuen durch Rolle verknüpft?
- Suche nach allen Individuenpaaren, die durch eine Rolle verknüpft sind.
- ...Vorsicht: es wird nur nach „beweisbaren“ Antworten gesucht!

## OWL Werkzeuge

- Editoren
  - Protegé, <http://protege.stanford.edu>
  - NeOn Toolkit, <http://neon-toolkit.org/>
  - SWOOP, <http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/>
- Inferenzmaschinen
  - Pellet, <http://www.mindswap.org/2003/pellet/index.shtml>
  - KAON2, <http://kaon2.semanticweb.org>
  - FACT++, <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>
  - Racer, <http://www.racer-systems.com/>

# OWL Agenda

- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien
- **OWL in der Praxis**

## OWL in der Praxis

- OWL als Datenformat ist für Semantic Web Anwendungen schon relativ weit verbreitet. (z.B. auch um RDFS-Wissensbasen zu modellieren)
- OWL Reasoning wird zurzeit noch sehr wenig genutzt.
  - Reasoning ist zeitaufwändig
  - Erstellung von ausdrucksstarken und für Reasoning verwendbaren Ontologien ist sehr aufwändig.



## SNOMED application

- Systematized Nomenclature of Human and Veterinary Medicine (USA-based)
  - industrial strength application
- Application requires reasoning support.
- Solved by applying tractable OWL-DL-fragment EL++
  - (Franz Baader, TUD)
- Current paradigm shift: tractable description logics
  - Horn-SHIQ (Karlsruhe)
  - DL-Lite (Rome)
  - EL++ (Dresden)

# Inhalt

1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. Grundideen des Semantic Web
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. **Stand der Forschung – kritische Diskussion**
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. Zusammenfassung

## Stand der Forschung

- Semantische Technologien sind auf dem Weg von der Forschung in die Praxis
  - steigendes Industrieinteresse
  - zentrale IT-Firmen beteiligen sich (Oracle, SAP, IBM, Yahoo!, HP, ...)
  - Forschungsprototypen sind z.T. schon sehr anwendungsnahe
- Verwendung vor allem schwach semantischer Formalismen (RDFS)
- Ausdrucksstärke von OWL findet kaum Verwendung

# Aktuelle Forschungsfragen

- Für schwach semantische Ansätze
  - Wie unterstützt man den Ontologieentwickler
  - Integration semantischer Methoden in die Toollandschaft
  - Umgang mit Kontextualisierung und unsicherem Wissen
  - Nutzbringender Umgang mit riesigen Datenmengen
  - Umgang mit Lebenszyklus von Ontologien
  - Zeigen des Mehrwerts von echten Anwendungen



## Aktuelle Forschungsfragen

- Für stark semantische Ansätze
  - Skalierbarkeit, z.B.
    - **Wie nutze ich ausdrucksstarke Daten, die in großen Mengen vorliegen?**
    - **Wie gewährleiste ich Homogenität großer Datenmengen?**
  - Pragmatik, z.B.
    - **Wie binde ich Reasoning über große unsichere Datensätze sinnvoll in Anwendungen ein?**
    - **Wie komme ich an geeignete Daten?**
    - **Wie gehe ich mit heterogenen Daten um?**
    - **Was mache ich mit ständig wachsenden und sich ändernden Datenmengen?**
    - **Wie bringe ich die "Logik" an die "Praktiker".**

# Inhalt

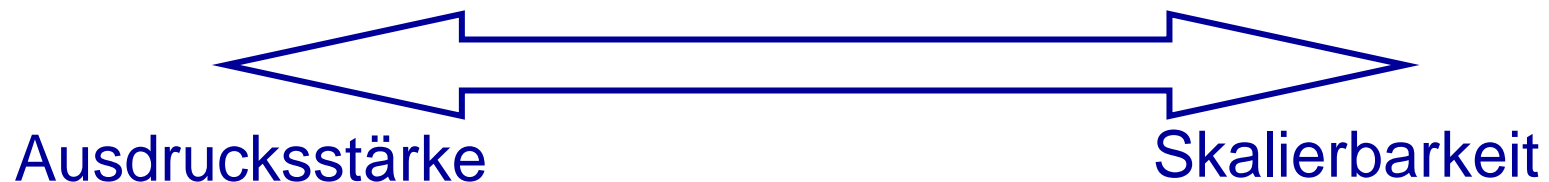
1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. Grundideen des Semantic Web
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. **Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit**
9. Zusammenfassung

# Ausdrucksstärke versus Skalierbarkeit

- Komplexität von OWL DL ist NExpTime.
- Uraltet Problem der KI:
  - Ausdrucksstarke Logiken haben hohe Komplexität und skalieren schlecht.
- Aber das WWW ist riesig!
- Erst neue Ergebnisse bringen ausdrucksstarke Logiken in den Bereich von Anwendungen.

# Entwicklung von Ontologiesprachen

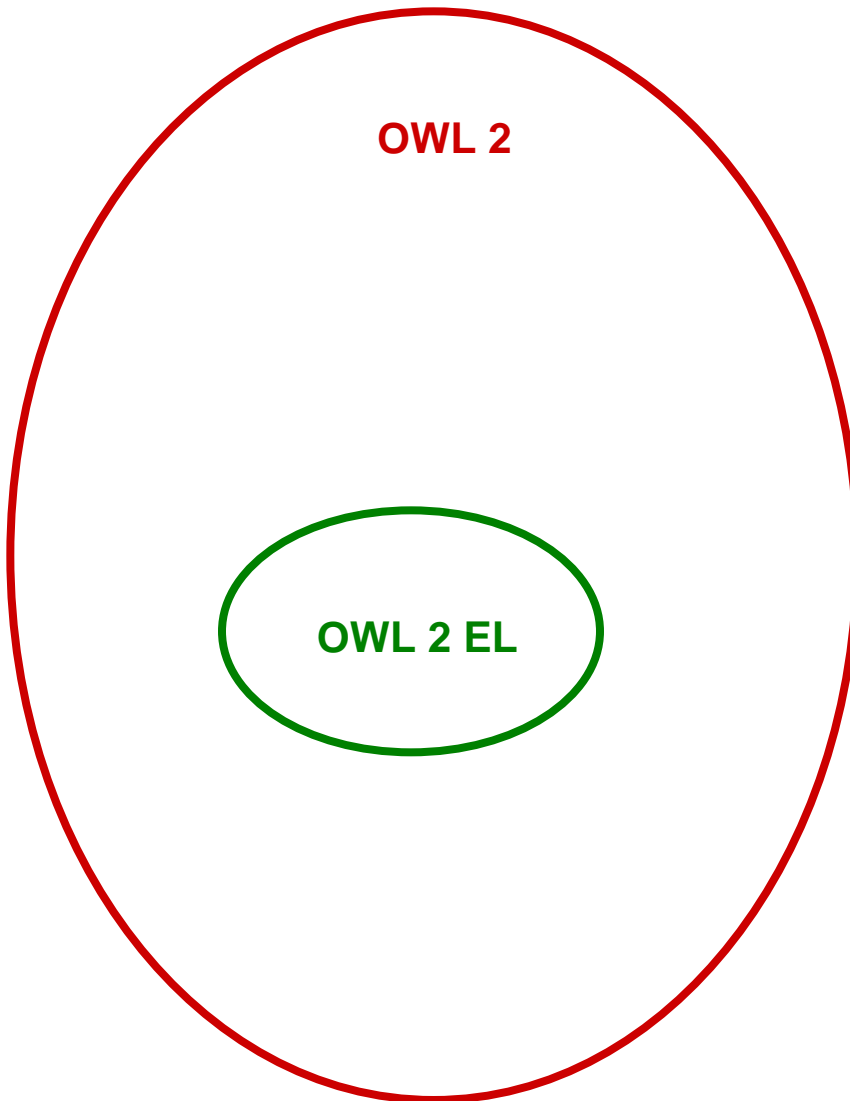
- Nutzung des Schemawissens durch logikbasierte Deduktionsverfahren
- Ziel bei der Sprachentwicklung:  
Größtmögliche Ausdruckstärke bei skalierbarem Laufzeitverhalten



# Vorgehen bei der Sprachentwicklung

1. Hinzufügen von praxisrelevanten Sprachkonstrukten
  - z.B. Regeln (wenn ... dann ... –Beziehungen)
2. Theoretische Analyse des Laufzeitverhaltens
  - Komplexität / Laufzeit in Abhängigkeit von der Größe der Wissensbasis
3. Algorithmisierung des Deduktionsverfahrens
4. Implementierung
5. Anwendung

# Ausgangssituation



- OWL 2:  
Komplexität >  
exponentiell

**"SCHLECHT"**

- OWL 2 EL:  
Komplexität  
polynomiell

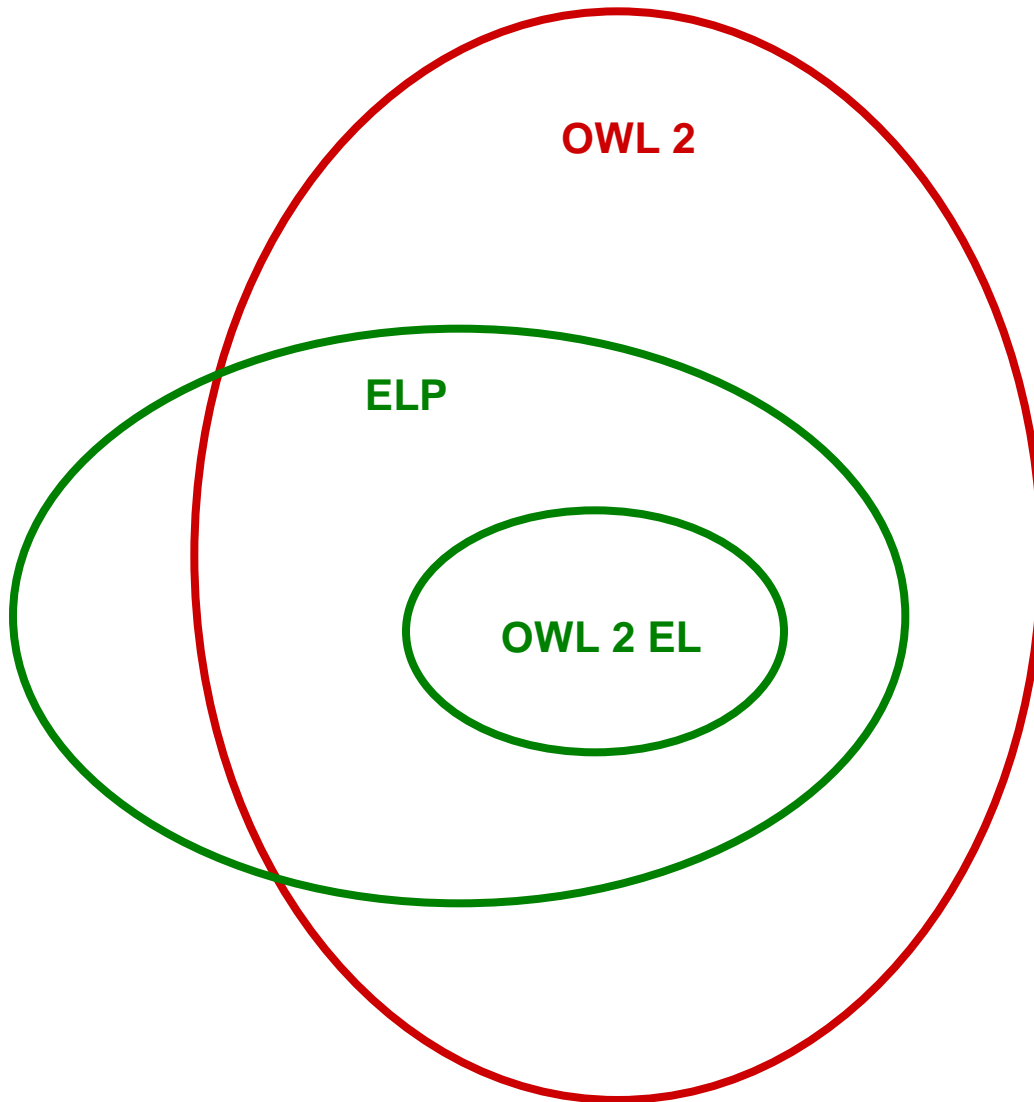
**"GUT"**

# Entwicklung der Sprache ELP



- Regelerweiterung von OWL 2 EL
- Komplexitätsanalyse: polynomiell
- Algorithmisierung: durch Übersetzung in Datalog
- [ECAI2008, ISWC2008]
  
- Implementierung: in Arbeit
  - Stand-alone Reasoner (IRIS, Innsbruck)
  - für Semantic MediaWiki
- Anwendung: Nutzung von ELP Hintergrundwissen in Semantic MediaWiki (in Arbeit)

# ELP als neue Ontologiesprache



- **OWL 2:**  
Komplexität > exponentiell
  - **ELP:** Komplexität polynomiell
  - **OWL 2 EL:** Komplexität polynomiell
- "GUT"**



## ELP – Example

- (1)  $\text{NutAllergic}(x) \wedge \text{NutProduct}(y) \rightarrow \text{dislikes}(x, y)$
- (2)  $\text{Vegetarian}(x) \wedge \text{FishProduct}(y) \rightarrow \text{dislikes}(x, y)$
- (3)  $\text{orderedDish}(x, y) \wedge \text{dislikes}(x, y) \rightarrow \text{Unhappy}(x)$
- (4)  $\text{dislikes}(x, v) \wedge \text{Dish}(y) \wedge \text{contains}(y, v) \rightarrow \text{dislikes}(x, y)$
- (5)  $\text{orderedDish}(x, y) \rightarrow \text{Dish}(y)$
- (6)  $\text{ThaiCurry}(x) \rightarrow \text{contains}(x, \text{peanutOil})$
- (7)  $\text{ThaiCurry}(x) \rightarrow \exists \text{contains.FishProduct}(x)$
- (8)  $\rightarrow \text{NutProduct}(\text{peanutOil})$
- (9)  $\rightarrow \text{NutAllergic}(\text{sebastian})$
- (10)  $\rightarrow \exists \text{orderedDish.ThaiCurry}(\text{sebastian})$
- (11)  $\rightarrow \text{Vegetarian}(\text{markus})$
- (12)  $\rightarrow \exists \text{orderedDish.ThaiCurry}(\text{markus})$

( $v$  is a safe variable)

## Reasoning in Semantic Mediawiki



- Lightweight use of metadata (mainly RDFS, some EL++). No reasoning in the stronger sense)
- *Already* added value for the user!
- Simple: Introduce further background knowledge by means of *ontologies*.
  - Beware of scalability problems!
  - ... and others ...
- Planned: support for ELP

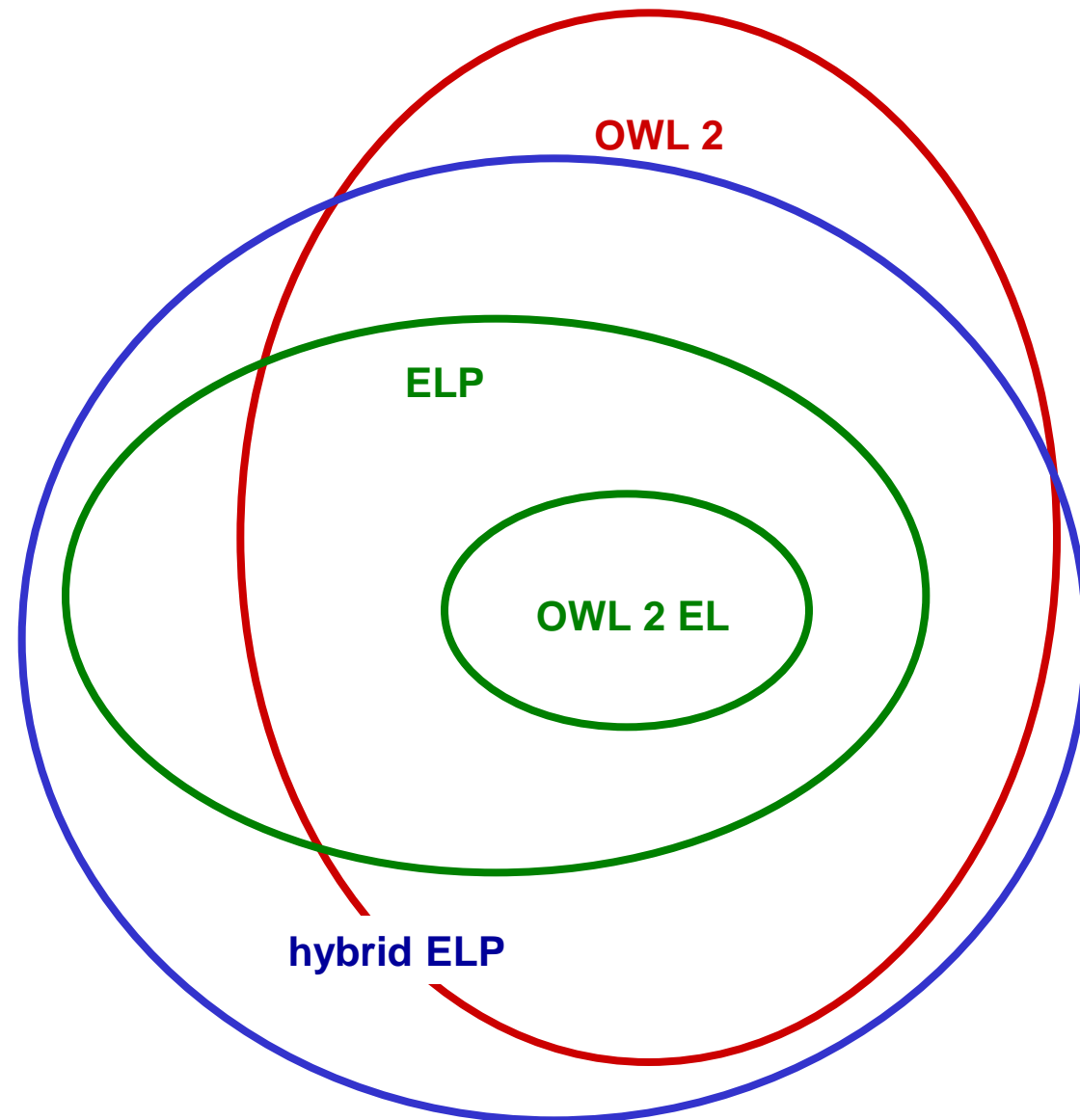
## Geht noch mehr?

- Anwendungen benötigen lokale *closed world assumption*
- D.h. Zusammenspiel zwischen OWL und nicht-monotonen Logiken benötigt
- Problem: Alle bekannten Ansätze haben hohe Komplexität

## hybrid ELP

- ELP erweitert durch
  - autoepistemische Operatoren (Moore 1982) für
    - **lokale closed world**
    - **default negation**
  - Definition einer Standardsemantik dafür
    - **well-founded semantics**
  - Datenkomplexität bleibt polynomiell!
- [ECAI2008 – zweites Paper]

# hybrid ELP



- **OWL 2:**  
Komplexität > exponentiell
- **ELP:** Komplexität polynomiell  
"GUT"
- **OWL 2 EL:**  
Komplexität polynomiell
- **hybrid ELP:** Datenkomplexität polynomiell  
"GUT"

# Inhalt

1. Motivation: Wozu *Semantic Web*?
2. Grundideen des Semantic Web
3. Beispielhafte Anwendungsgebiete
4. Semantic MediaWiki
5. Der Blick dahinter: Wissensrepräsentation für das Semantic Web
6. Einführung in die Semantic Web Ontologiesprache OWL
7. Stand der Forschung – kritische Diskussion
8. Aktuelle Forschungsergebnisse zu OWL, Regelsprachen und Skalierbarkeit
9. **Zusammenfassung**

# Zusammenfassung

- Semantische Technologien / Semantic Web
  - Beschreibung der Bedeutung (Semantik) von Daten durch Metadaten
  - zurzeit auf dem Web von der Forschung in die Praxis
  - Zentral dafür sind geeignete Repräsentationssprachen, wie RDFS und OWL
- OWL ist ein Fragment der Prädikatenlogik, mit eigener (RDF-basierter) Syntax
- Aktuelle Forschung zu OWL betrifft v.a. Skalierbarkeit von Deduktionsalgorithmen.

THANKS!



## References

- D. Oberle, A. Ankolekar, P. Hitzler, P. Cimiano, M. Sintek, M. Kiesel, B. Mougouie, S. Vembu, S. Baumann, M. Romanelli, P. Buitelaar, R. Engel, D. Sonntag, N. Reithinger, B. Loos, R. Porzel, H.-P. Zorn, V. Micelli, C. Schmidt, M. Weiten, F. Burkhardt, J. Zhou, DOLCE ergo SUMO: On Foundational and Domain Models in the SmartWeb Integrated Ontology (SWIntO). *Journal of Web Semantics* 5 (3), 2007, 156-174.
- Markus Krötzsch, Denny Vrandečić, Max Völkel, Heiko Haller, Rudi Studer. Semantic Wikipedia. In *Journal of Web Semantics* 5 (4), 2007.
- Pascal Hitzler, Markus Krötzsch, Sebastian Rudolph, Foundations of Semantic Web Technologies. Chapman and Hall/CRC Press, 2009.
- Pascal Hitzler, Markus Krötzsch, Sebastian Rudolph, York Sure, Semantic Web. Grundlagen. Springer, 2008.