

# Beschreibungslogik: Einführung

Sommersemester 2018

Thomas Schneider

AG Theorie der künstlichen Intelligenz (TdKI)

<http://tinyurl.com/ss18-bl>

# Und nun ...

- 1 Organisatorisches
- 2 Einleitung
- 3 Vorlesungsüberblick

# Organisatorisches

## Zeit und Ort

Mo. 10–12 MZH 6210

Mi. 16–18 MZH 4140

## Vortragender

Thomas Schneider

Cartesium, Raum 1.56

Tel. (218) 64432

ts[ÄT]cs.uni-bremen.de

**Fragen sind jederzeit willkommen!**

## Position im Curriculum

Master-Basis, Modul-Bereich Theorie, Master-Profil KIKR, DMI

# Organisatorisches

**Form** K4 (in der Regel 3V, 1Ü)  
Fragen und Diskussion **jederzeit erwünscht.**

## Voraussetzungen

Grundkenntnisse aus Theoret. Informatik 1+2 hilfreich,  
aber nicht zwingend erforderlich

## Vorlesungsmaterial:

- Folien und Aufgabenblätter: [tinyurl.com/ss18-bl](https://tinyurl.com/ss18-bl)
- Folien werden online gestellt, enthalten aber nicht alle Details. (Beweise, Beispiele etc. von der Tafel bitte mitschreiben.)
- Inoffizielle Vorlesungsmitschrift von Teilnehmern (SoSe 16/17): <https://github.com/sasjonge/bl-lecture-notes>
- Literatur: (allgemein) siehe Ende dieses Foliensatzes  
(speziell) wird bei jedem Kapitel bekannt gegeben

# Prüfungsmodalitäten

## Übungsaufgaben & Fachgespräch:

- Übungsaufgaben ca. jede zweite Woche;  
voraussichtlich 6 Blätter, mit Zusatzaufgaben
- Werden in Gruppen (2–3 Personen) bearbeitet, abgegeben und korrigiert – jede\_r muss mindestens einmal vorrechnen
- Aus der erreichten Gesamtpunktzahl aller Blätter ergibt sich die vorläufige Note für diesen Kurs
- Fachgespräche am Ende des Semesters  
(Prüfungsleistung, Änderung der Note möglich)  
Voraussetzung: insgesamt 50 % der Punkte in Übungsaufgaben

oder

## Mündliche Prüfung

**Wiederholungsregelungen** auf der nächsten Folie ...

# Prüfungsmodalitäten

## Wiederholungsregelungen

- Fachgespräch nicht bestanden?  
↪ 1 Wiederholungsversuch im selben Semester möglich
- Weitere Wiederholungsversuche (wenn nötig):
  - mündliche Prüfung in den folgenden 4 Semestern (je 1 Versuch pro Semester)
  - oder ggf. im SoSe 2019 erneute Teilnahme am Übungsbetrieb (wenn ich die Veranstaltung wieder halte)

## Dies ist bereits Deine Wiederholung?

- Erneute Teilnahme am Übungsbetrieb ist möglich.  
Punkte aus vergangenen Semestern werden *nicht* anerkannt.
- Bei Nutzung früherer eigener Lösungen: Quellenangabe nötig

# Übungsbetrieb

## Terminübersicht (geplant)

Blatt	Erscheinen (geplant)	Abgabe	Besprechung, Übungstermin
1	Fr. 6. 4.	Mo. 16. 4.	Mi. 18. 4.
2	Mo. 16. 4.	Mo. 30. 4.	Mi. 2. 5.
3	Mo. 7. 5.	Mo. 21. 5.*	Mi. 23. 5.
4	Mo. 21. 5.	Mo. 4. 6.	Mi. 6. 6.
5	Mo. 4. 6.	Mo. 18. 6.	Mi. 20. 6.
6	Mo. 18. 6.	Mo. 2. 7.	Mi. 4. 7.

\*Pfungstmontag

# Und nun ...

- 1 Organisatorisches
- 2 Einleitung**
- 3 Vorlesungsüberblick



# Wissensrepräsentation

**Ziel:** allgemeines Hintergrundwissen dem Rechner verfügbar machen

## Grundlage für:

- „Intelligente Systeme“, die Daten nicht nur verarbeiten, sondern auch interpretieren können
- Zahlreiche Teildisziplinen der künstlichen Intelligenz, wie z. B. Robotik, automatisches Planen, usw.
- ein „semantisches Web“, in dem Suchmaschinen und andere Agenten Webinhalte interpretieren können (im Gegensatz zu schlüsselwortbasierter Suche)

# Wissensrepräsentation – ein Beispiel

Betrachte die medizinische Datenbank

Patient( $p_1$ )	Patient( $p_2$ )
diagnose( $p_1, d_1$ )	diagnose( $p_2, d_2$ )
Tachykardie( $d_1$ )	Hypertonie( $d_2$ )

und die Anfrage:

$$\text{Patient}(x) \wedge \exists y \left( \text{diagnose}(x, y) \wedge \text{Herz-Kreislauf-Erkrankung}(y) \right)$$

also: „gib mir alle Patient\_innen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen“

Ein klassisches Datenbanksystem liefert **keine Antworten**,  
denn es **fehlt das Wissen**, dass Tachykardie und Hypertonie HKE sind.

# Wissensrepräsentation

## Das Ziel der Wissensrepräsentation etwas konkreter:

Entwicklung von Formalismen, mittels derer Wissen über die Welt in abstrakter Weise beschrieben werden kann und die effektiv verwendet werden können, um **intelligente** Anwendungen zu realisieren.

[Ronald J. Brachman & Daniele Nardi 2003]

Dies ist **anwendungsorientierte** Sicht auf WR,  
keine philosophische oder kognitionswissenschaftliche.

# Beispiel-Repräsentation

Universität Studium Forschung Kooperationen Infos für Direkt zu

**Bremer Studienpreis 2017 vergeben**

"Wir brauchen Ihre Kompetenz und Bereitschaft zur Reflexibilität. Wir brauchen Sie als kritische Geister." [mehr >](#)

© Harald Röhling/Universität Bremen

## Aktuelles



© monropic - stock.adobe.com

29.03.2018

Bilanz für die Crowd:



© Universität Bremen

29.03.2018

Trauer um Stephan Leibfried

Typische Webpage besteht aus:

- Rendering-Information (z. B. Schriftgröße, -farbe)
- Hyperlinks auf verwandte Inhalte

**Inhalt ist gut zugänglich für Menschen, aber kaum für Computer**

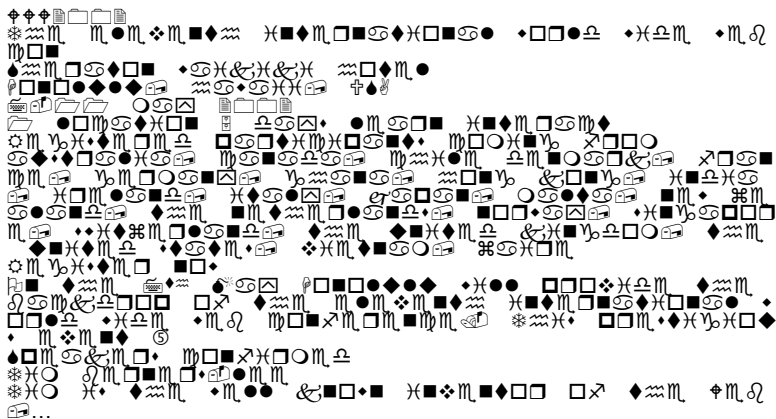
# Beispiel-Repräsentation

## Uns zugängliche Informationen ...

- Universität Bremen
- Deutsch, Englisch
- Bremer Studienpreis 2017 vergeben
- Konrektor Andreas Breiter und weitere Personen
- Fotograf Harald Rehling
- Aktuelles ...
  - ⋮
- Kontakt:
  - Universität Bremen
  - Bibliothekstraße 1
  - 28359 Bremen
  - Tel.: +49 421 218-1

# Beispiel-Repräsentation

## Dem Computer zugängliche Informationen ...











# Ein Fall für Semantik!

## Externe Vereinbarung über Bedeutung von Annotationen?

- z. B. **Dublin Core** zum Annotieren bibliographischer Info  
    ↪ Einigung auf Bedeutung einer Menge von Annotation-Tags

(!) ist unflexibel und

(!) hat nur begrenztes Ausdrucksvermögen (nur simple Terme)

## Verwendung von **Vokabularen** oder **Ontologien**, um Bedeutung von Annotationen zu spezifizieren

- Ontologien stellen Vokabular von Termen zur Verfügung
- Neue Terme können durch Kombination existierender Terme gebildet werden
- Bedeutung der Terme ist per Semantik **eindeutig festgelegt**

... nicht nur im Web, sondern allgemein in Informationssystemen

# Ein Fall für Semantik!

shoulder\_catches\_during\_movement

shoulder\_feels\_like\_it\_will\_slip\_out\_of\_place

shoulder\_joint\_feels\_like\_it\_may\_slip\_out\_of\_place

shoulder\_joint\_pain\_better\_after\_rest

shoulder\_joint\_pain\_causes\_difficulty\_lying\_on\_affected\_side

shoulder\_joint\_pain\_causing\_inability\_to\_sleep

shoulder\_joint Maschinenlesbar

shoulder\_joint **aber nicht** ment

shoulder\_joint für Maschinen „verständlich“

shoulder\_joint\_pain\_improved\_by\_medication

shoulder\_joint\_pain\_improves\_during\_exercise\_returns\_later

shoulder\_joint\_pain\_incr\_by\_raising\_arm\_above\_shoulder\_level

shoulder\_joint\_pain\_increased\_by

shoulder\_joint\_pain\_increased\_by\_lifting

shoulder\_joint\_pain\_increased\_by\_moving\_arm\_across\_chest

⋮

# Wissensrepräsentation

## Hier nochmal das Ziel der Wissensrepräsentation:

Entwicklung von **Formalisten**, mittels derer Wissen über die Welt in **abstrakter** Weise beschrieben werden kann und die **effektiv** verwendet werden können, um **intelligente** Anwendungen zu realisieren.

[Ronald J. Brachman & Daniele Nardi 2003]

Dies ist **anwendungsorientierte** Sicht auf WR,  
keine philosophische oder kognitionswissenschaftliche.

# Mögliche Formalismen

## Prädikatenlogik erster Stufe (FO)

- Formale Syntax, deklarative Semantik
- Hohe, dennoch beschränkte Ausdrucksstärke
- Sehr hohe Berechnungskomplexität: unentscheidbar

## Aussagenlogik (AL)

- Formale Syntax, deklarative Semantik
- sehr beschränkte Ausdrucksstärke
- relativ geringe Berechnungskomplexität
- effektive Schlussfolgerungssysteme („SAT-Solver“) verfügbar

## Beschreibungslogik (BL)

ist Kompromiss bzgl. Ausdrucksstärke und Komplexität

# Beschreibungslogik

... ist wichtige Familie von Formalismen zur Wissensrepräsentation

Andere Formalismen: siehe KI-Vorlesung

BLen sind eine **Familie** von Logiken

- zur Repräsentation konzeptuellen Wissens
- mit entscheidbaren Schlussfolgerungsproblemen
- für die viele effiziente Reasoner zur Verfügung stehen

# Ursprünge von BL

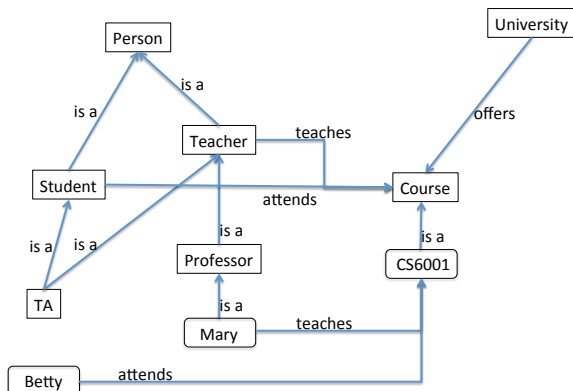
Historisch hervorgegangen sind BLen aus ...

- *structured inheritance networks* [Ronald J. Brachman 1978]
- einem bekannten historischen WR-System namens **KL-ONE**  
[Ronald J. Brachman & James G. Schmolze 1985]

Diese frühen Formalismen

- waren nicht logikbasiert
- hatten keine formale Syntax und Semantik
- haben dennoch fast alle grundlegenden Ideen heutiger BLen eingeführt

# Ein solches Netzwerk



- Was genau **repräsentiert**/besagt es?
- Was kann man **schlussfolgern**?  $\rightsquigarrow$  Ist Betty ein\_e Student\_in?

**Problem:** fehlende Semantik



# Terminologisches Wissen

**DLs** wurden geschaffen, um **terminologisches** oder **konzeptuelles Wissen** zu repräsentieren

- Einem Anwendungsfeld zugrunde liegende Terminologie (Begriffswelt) wird formalisiert und in einer **TBox** gespeichert  
~> erlaubt, Schlussfolgerungen über **Konzepte** zu ziehen, z. B.:
  - Kann es Säugetiere geben?
  - Ist jedes Säugetier ein Tier?
  - Sind Frösche Reptilien?
- Fakten über Individuen werden in einer **ABox** gespeichert  
~> Schlussfolgerungen über **Individuen & Konzepte**, z. B.:
  - Sind meine Fakten konsistent mit meiner Terminologie?
  - Ist Kermit ein Frosch?

# Beschreibungslogik

## Zentrale Elemente der Wissensrepräsentation mit BL:

- **Konzepte**

Konzept beschreibt **Klasse von Objekten**, z. B. Bereich Universität:

Vorlesung, Student, Universität, Fachbereich, etc.

Können durch logische Ausdrücke (Formeln) beschrieben werden:

$\text{Mensch} \sqcap \exists \text{hört.Vorlesung}$

- **Rollen**

... sind **binäre Relationen** zwischen Objekten

hört, lehrt, istTeilVon, etc.

können (meist) nicht durch komplexe Ausdrücke beschrieben werden

# Beschreibungslogik

## Zentrale Elemente der Wissensrepräsentation mit BL:

- **TBoxen** (terminologische Boxen)

**Definieren** Konzepte und setzen diese **zueinander in Beziehung**

Konzeptdefinition z. B.

$\text{Student} \equiv \text{Mensch} \sqcap \exists \text{hört.Vorlesung}$

Allgemeines Hintergrundwissen / Constraint z. B.

$\text{Student} \sqcap \text{Vorlesungssaal} \sqsubseteq \perp$

# Beschreibungslogik

## Zentrale Elemente der Wissensrepräsentation mit BL:

- **ABoxen** (assertionale Boxen)

**Beschreiben Individuen** (= Objekte) und deren **Eigenschaften**,  
z. B.

Student(hans)

Vorlesung  $\sqcap$   $\exists$ hatThema.InformatikThema (blv)

hört(hans, blv)

# Ontologien

Ein sehr populärer Ansatz zur Wissensrepräsentation ist die Verwendung von **Ontologien**.

Ontologien dienen der Repräsentation von konzeptuellem Wissen, sehr ähnlich den TBoxen der Beschreibungslogik.

Im Prinzip kann eine Ontologie in beliebiger (meist logischer) Sprache verfasst werden.

Besonders populär ist aber **OWL: the Web Ontology Language**

- Standardisiert vom W3C (World Wide Web Consortium)
- Zugeschnitten aufs Web: XML-Syntax etc.
- Im Wesentlichen eine Beschreibungslogik

# Beispiele für Ontologien

## Medizin

- **SNOMED CT**

(Systematized Nomenclature of Medicine – Clinical Terms)

- klinische Terminologie, international verwendet
- 327.000 Konzepte (Stand 4. 4. 2018)



- **NCI Thesaurus** (NCI = National Cancer Institute of the USA)

- Vokabular für Krankenhausversorgung, Grundlagen- und praxisbezogene Forschung, Information der Öffentlichkeit, Administration
- 138.000 Konzepte (Stand 4. 4. 2018)



- **ICD-11** (International Classification of Diseases)

wird weltweit (auch in DE)  
für Gesundheitsstatistiken verwendet



# Beispiele für Ontologien

## Biologie

- **GO** (Gene Ontology)

kontrolliertes Vokabular von Begriffen relevant für Genetik



- **Bioportal** <http://bioportal.bioontology.org/>

Website für Zugriff auf  
688 biomedizinische Ontologien  
(Stand 4. 4. 2018)



## Semantisches Web

- Daten werden mittels Termen annotiert, die in TBox definiert werden
- Beim Stellen von Anfragen wird TBox verwendet



# Beispielontologie SNOMED



Im Gesundheitswesen ist standardisierte Terminologie wichtig.

**Beispiel:** Austausch medizinischer Daten zwischen Ärzten,  
Krankenhäusern, Krankenkassen, etc.

Es sollten

- dieselben Begriffe (Konzepte) verwendet werden
- verwendete Begriffe in derselben Weise verstanden werden

SNOMED CT ist einer von verschiedenen Standards  
(ICD-11 ist ein anderer)



## SNOMED CT ...

- wird von einem internationalen Nonprofit-Konsortium entwickelt (IHTSDO)
- standardisiert über 300.000 medizinische Begriffe aus allen Bereichen (Krankheiten, Behandlungen, Medikamente, etc.)
- wird regelmäßig aktualisiert, hat > 40 Autoren gleichzeitig
- basiert auf einer **Ontologie**, in der diese Begriffe formal mittels einer **Beschreibungslogik** definiert werden

Die Mediziner\_innen erhalten natürlich keine logischen Ausdrücke, sondern einen Katalog von Begriffen.

# Beispielontologie SNOMED

## Fragment aus SNOMED CT (vereinfacht)

Perikardium  $\sqsubseteq$  Gewebe  $\sqcap$   $\exists$ teilVon.Herz

Perikarditis  $\equiv$  Entzündung  $\sqcap$   $\exists$ ort.Perikardium

Entzündung  $\sqsubseteq$  Krankheit  $\sqcap$   $\exists$ wirktAuf.Gewebe

## Katalog

Krankheit

└─ Entzündung

└─ Perikarditis

Gewebe

└─ Perikardium

s    [Refset](#)Type at least 3 characters ✓ Example: *shou fra*

pericarditis

246 matches found in 0.214 seconds.

Pericarditis	Pericarditis (disorder)
Acute pericarditis	Acute pericarditis (disorder)
Viral pericarditis	Viral pericarditis (disorder)
Pericarditis sicca	Pericarditis sicca (disorder)
Fungal pericarditis	Mycotic pericarditis (disorder)
Uremic pericarditis	Pericarditis secondary to uremia (disorder)
Q fever pericarditis	Q fever pericarditis (disorder)
Chronic pericarditis	Chronic pericarditis (disorder)
Uraemic pericarditis	Pericarditis secondary to uremia (disorder)
Mycotic pericarditis	Mycotic pericarditis (disorder)
Familial pericarditis	Familial pericarditis (disorder)
Subacute pericarditis	Subacute pericarditis (disorder)
Pyogenic pericarditis	Pyogenic pericarditis (disorder)
Adhesive pericarditis	Adhesive pericarditis (disorder)

Concept Details

Concept Details

Summary

Details

Diagram

Expression

Refsets

Members

References

Stated

Inferred

## Parents

- Disorder of pericardium (disorder)
- Inflammatory disorder of mediastinum (disorder)
- Inflammatory disorder of the cardiovascular system (disorder)

**Pericarditis (disorder)**

SCTID: 3238004

3238004 | Pericarditis (disorder) |

Pericarditis  
Pericarditis (disorder)Associated morphology → Inflammation  
Finding site → Pericardial structure

## Children (34)

34 Children

Ausschnitt aus dem IHTSDO SNOMED CT Browser:  
<http://browser.ihtsdotools.org>

# Die Web Ontology Language OWL



E. Shepard, aus Winnie-the-Pooh von A. A. Milne

# OWL quick facts



## OWL ...

- basiert auf einer ausdrucksstarken Beschreibungslogik (später mehr ...)
- mit präziser Semantik
- hat sich entwickelt aus jahrzehntelanger Forschung an
  - Techniken zum automatischen Schlussfolgern, auf denen Tools basieren, die Domänenexpert\_innen bei Design und Pflege einer Ontologie unterstützen
  - Berechnungskomplexität (hängt eng mit Ausdrucksstärke zusammen!)
  - Modelltheorie
  - ...

# OWL quick facts



**Der Standard OWL** ist mehr als nur eine Logik,  
stellt Infrastruktur zur Verfügung:

- Entitynamen sind IRIs  
z. B. <http://purl.bioontology.org/ontology/SNOMEDCT/3238004>  
für Pericarditis
- mehrere Web- und nutzerfreundliche Syntaxen  
(RDF/XML, OWL/XML, . . . , Manchester-Syntax)
- Importmechanismus
- Versionsmechanismus
- Annotationen von Entitäts, Axiomen, . . .
- . . .

(Aussprache: [aʊl] – „aul“)

# Beispiel für OWL-Axiome

In Manchester-Syntax:

```
Inflammation SubClassOf Disease
HeartDisease EquivalentClass Disease and
hasLoc some Heart
Endocarditis EquivalentClass Inflammation and
hasLoc some Endocardium
```

aus dem **NCI Thesaurus**

- ca. 138.000 Begriffe (Classes)
- seit 2003 in OWL, monatliche Version, + 800 Begriffe/Monat
- veröffentlicht als Thesaurus (inferierte Hierarchie der Classes) sowie als OWL-Ontologie (mit logischen Axiomen), siehe BioPortal <http://bioportal.bioontology.org/>

# OWL versus DL

In Manchester-Syntax und DL-Syntax:

Inflammation	<i>SubClassOf</i>	Disease
Inflammation	$\sqsubseteq$	Disease
HeartDisease	<i>EquivalentClass</i>	Disease <i>and</i> hasLoc <i>some</i> Heart
HeartDisease	$\equiv$	Disease $\sqcap$ $\exists$ hasLoc.Heart
Endocarditis	<i>EquivalentClass</i>	Inflammation <i>and</i> hasLoc <i>some</i> Endocardium
Endocarditis	$\equiv$	Inflammation $\sqcap$ $\exists$ hasLoc.Endocardium



# Der Ontologie-Editor Protégé



Unsere Beispiel-Axiome in Protégé:

Inflammation	⊆	Disease
HeartDisease	≡	Disease ⊎ ∃hasLoc.Heart
Endocarditis	≡	Inflammation ⊎ ∃hasLoc.Endocardium

The screenshot shows the Protégé ontology editor interface. The top navigation bar includes tabs for 'Active Ontology', 'Entities', 'Classes', 'Object Properties', 'Data Properties', 'Individuals by class', 'OWLviz', 'DL Query', and 'OntoGraf'. The main workspace is divided into several panes:

- Class hierarchy:** Shows a tree structure starting from 'owl:Thing'. Under 'Disease', 'Heartdisease' and 'Inflammation' are listed. 'Endocarditis' is a subclass of 'Inflammation' and is highlighted with a blue box.
- Annotations:** Shows the annotations for the selected class, 'Endocarditis'.
- Description:** Shows the description of 'Endocarditis' as 'Equivalent To Inflammation and (hasLoc some Endocardium)'. Below this, it lists 'SubClass Of' relationships, including 'Heartdisease' and 'Inflammation'.

# Der Ontologie-Editor Protégé



... ist ein OWL-Editor

- in der 5. Version
- basierend auf der OWL API

`http://owlcs.github.io/owlapi/`

- mit direktem Zugang zu OWL-Reasonern (= DL-Reasonern!)
- siehe `https://protege.stanford.edu/products.php`

# Und nun ...

- 1 Organisatorisches
- 2 Einleitung
- 3 Vorlesungsüberblick**

# Übersicht Vorlesung

**Kapitel 1:** Einleitung ✓

**Kapitel 2:** Grundlagen

**Kapitel 3:** Ausdrucksstärke und Modellkonstruktionen

**Kapitel 4:** Tableau-Algorithmen

**Kapitel 5:** Komplexität

**Kapitel 6:** Effiziente Beschreibungslogiken

**Kapitel 7:** ABoxen und Anfragebeantwortung

# Kapitelüberblick

## Kapitel 2: Grundlagen

- Basis-Beschreibungslogik  $ALC$
- TBoxen
- Schlussfolgerungsprobleme
- Erweiterungen von  $ALC$

# Kapitelüberblick

## Kapitel 3: Ausdrucksstärke und Modellkonstruktionen

- Nicht-Ausdrückbarkeit von Eigenschaften in  $ALC$  und Erweiterungen
- Baummodelleigenschaft
- Endliche Modelleigenschaft

# Kapitelüberblick

## Kapitel 4: Tableau-Algorithmen

Wir zeigen, dass relevante Schlussfolgerungsprobleme **entscheidbar** sind und **vertretbare Komplexität** haben.

Außerdem: **praxistaugliche Algorithmen!**

- Tableau-Verfahren und dessen Korrektheit
- Komplexitätsanalyse
- Optimierungen
- In manchen Fällen: Sicherstellen von Terminierung

**Praxisaufgabe geplant**

# Kapitelüberblick

## Kapitel 5: Komplexität

**Ziel:** exakte Komplexitätsanalyse,  
Kennenlernen von Standardtechniken

- Obere Schranken mittels Verfahren aus Modallogik
- Untere Schranken mittels Reduktion von spieltheoretischen  
Problemen
- Unentscheidbare Erweiterungen



# Kapitelüberblick

## Kapitel 6: Effiziente Beschreibungslogiken

Betrachten  $\mathcal{EL}$ :

geringere Ausdrucksstärke, aber effizientes Schlussfolgern

(SNOMED CT basiert im Wesentlichen auf  $\mathcal{EL}$ !)

- Grundbegriffe
- Polynomieller Algorithmus für Schlussfolgerungsprobleme
- Erweiterungen von  $\mathcal{EL}$  mit höherer Komplexität

**Kleines Programmierprojekt geplant**

# Kapitelüberblick

## Kapitel 7: ABoxen und Anfragebeantwortung

**Ziel:** Schlussfolgerungsprobleme mit Instanzdaten (ABoxen) und Hintergrundwissen (TBoxen) untersuchen

- Grundbegriffe
- Typen von Anfragen
- Konjunktive Anfragen mit ABoxen+TBoxen
- Query Rewriting: Nutzung von Datenbanktechnologie

**Plus Überblick aktuelle Forschungsthemen**

# Beim nächsten Mal ...

Kapitel 1: Einleitung

**Kapitel 2: Grundlagen**

Kapitel 3: Ausdrucksstärke und Modellkonstruktionen

Kapitel 4: Tableau-Algorithmen

Kapitel 5: Komplexität

Kapitel 6: Effiziente Beschreibungslogiken

Kapitel 7: ABoxen und Anfragebeantwortung

# Literatur für die Vorlesung (Basis)



Franz Baader, Ian Horrocks, Carsten Lutz, Uli Sattler.

An Introduction to Description Logic.

Cambridge University Press, 2017.

In SUUB verfügbar: <https://tinyurl.com/suub-intro-dl-ebook>  
<https://tinyurl.com/suub-intro-dl>



Franz Baader, Diego Calvanese, Deborah L. McGuinness,  
Daniele Nardi und Peter F. Patel-Schneider (Hrsg.).

The Description Logic Handbook.

2. Auflage, Cambridge University Press, 2007.

In SUUB zur Ausleihe und elektronisch verfügbar.



Franz Baader, Uli Sattler.

An Overview of Tableau Algorithms for Description Logics.

Studia Logica, 69:5–40, 2001. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013882326814>

# Links für dieses Kapitel



Stanford Center for Biomedical Informatics Research.

Protégé Ontology Editor.

<http://protege.stanford.edu/>

Der Ontologie-Editor (open source, gute Doku, viele Plugins)



University of Manchester

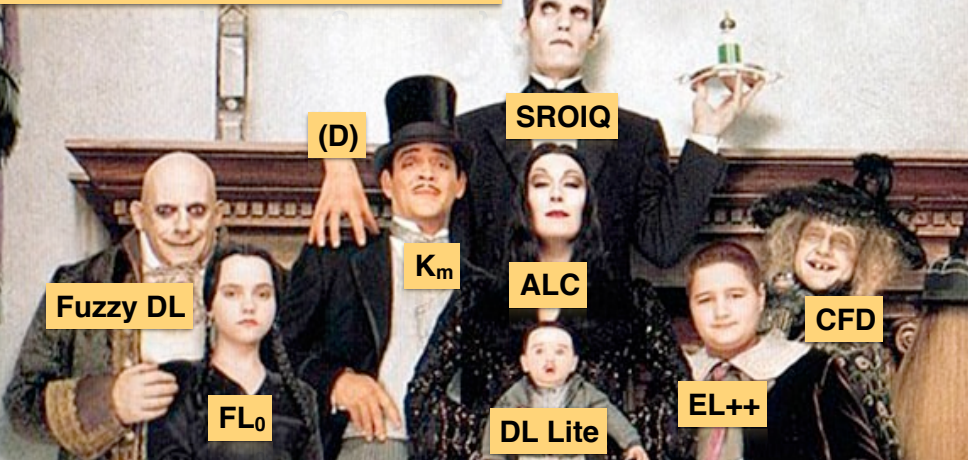
OWL API

<http://owlcs.github.io/owlapi/>

<https://github.com/owlcs/owlapi/wiki> (Wiki + Doku.)

Die API der Wahl, um mit Ontologien zu arbeiten

# The Description Logic Family



... sagt **danke** für Eure Aufmerksamkeit. Bis nächste Woche!