

---

# Beschreibungslogik

---

Vorlesung im Sommersemester 2013

# Organisatorisches

- Zeit und Ort:

Mi 16-18 MZH1460 und Do 10-12 MZH1460

- Vortragender:

Prof. Dr. Carsten Lutz  
Cartesium Raum 2.59  
Tel. (218)-64431  
clu@uni-bremen.de

- Position im Curriculum: Modulbereich Theorie, Master-Basis  
Master-Profil KIKR und DMI

# Organisatorisches

- Form: K4, jeder dritte Termin ist Übung  
Fragen und Diskussion jederzeit erwünscht.
- Vorlesungsmaterial:

Folien und Aufgabenblätter auf:

<http://www.informatik.uni-bremen.de/tdki/lehre/ss13/bl/>

Beispiele, Beweise, etc an der Tafel bitte mitschreiben

# Prüfungsmodalitäten

Übungen + Fachgespräch:

- Übungsaufgaben jede zweite Woche (Kernaufgaben + Zusatzaufgaben)
- Werden in Kleingruppen (2-3 Pers.) bearbeitet, abgegeben und korrigiert
- Lösungen für Übungsaufgaben werden von Studierenden präsentiert.
- Erste Übung (und Abgabe) am 11.4.

Alternativ: Mündliche Prüfung

# Literatur

- The Description Logic Handbook, 2nd edition.  
Baader, Calvanese, McGuinness, Nardi, and Patel-Schneider (eds.),  
Cambridge University Press, 2007
- An Overview of Tableau Algorithms for Description Logics.  
Baader und Sattler. *Studia Logica*, 69:5-40, 2001
- Buchkapitel über Komplexitätsresultate in Stud.IP
- Proceedings der jährlichen Description Logic Workshops,  
online abrufbar unter <http://dl.kr.org/>

# Kapitel 1

## Einleitung

# Wissensrepräsentation

Wissensrepräsentation: 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 Schlüsselwort-basierter Suche)

# Wissensrepräsentation – ein Beispiel

Betrachte folgende medizinische Datenbank:

Patient( $p_1$ )

diagnose( $p_1, d_1$ )

Tachykardie( $d_1$ )

Patient( $p_2$ )

diagnose( $p_2, d_2$ )

Hypertonie( $d_2$ )

Und die Anfrage  $\text{Patient}(x) \wedge \exists y ( \text{diagnose}(x, y) \wedge \text{Herz-Kreislauf-Erkrankung}(y) )$

also: "gib mir alle Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen"

Ein klassisches Datenbanksystem liefert keine Antworten, denn es fehlt das Wissen, dass Tachykardie und Hypertonie Herz-Kreislauf-Erkrankungen 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. [Brachman&Nardi03]

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

# 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.

Wohldefinierte Syntax und Semantik.

Syntax: die Sprache, in der Wissen „aufgeschrieben“ wird  
in dieser VL stets symbolisch und logik-basiert

Semantik: fixiert die Bedeutung des repräsentierten Wissens  
in exakter, eindeutiger Weise

# Wissensrepräsentation

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.

Deklarative Semantik: unabhängig von verarbeitender Software

- erlaubt (weitgehende) Anwendungsunabhängigkeit
- wir wollen repräsentieren (=beschreiben), nicht programmieren wie etwa in Prolog
- basiert auf (logischen) Strukturen

# Wissensrepräsentation

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.

Die Natur von Wissen ist schwierige (philosophische) Frage.

Wir beschränken uns auf konzeptuelles Wissen:

- Beschreibung des Konzeptes einer Hypertonie, einer Herz-Kreislauf-Erkrankung, einer Vorlesung, eines Studenten, etc
- Eine „was ist ein XYZ“ Beschreibung

Andere Arten von Wissen z.B. zeitliches Wissen, räumliches Wissen, prozedurales Wissen, Wissen über Wissen, etc.

# Wissensrepräsentation

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.

- Wissensrepräsentation bedeutet Abstraktion!
- Alle Aspekte eines Konzeptes im Detail zu identifizieren ist Aufgabe der Philosophie
- Nicht relevante Aspekte eines Konzeptes sollten nicht repräsentiert werden
- Damit ist eine bestimmte WR nicht unbedingt für alle Anwendungen adäquat (trotzdem deklarativ!)

# Wissensrepräsentation

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.

Intelligente Anwendungen können Informationen interpretieren und neue daraus ableiten.

- klassische Datenbank i.d.S. nicht intelligent:  
eingegebene Daten = ausgegebene Daten, nur reorganisation
- Schlussfolgern (Reasoning, aus explizit gegebenem Wissen implizites ableiten) erforderlich; T1.1

# Wissensrepräsentation

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.

Schlussfolgerungsprobleme sollten entscheidbar sein und von möglichst geringer (Berechnungs-)Komplexität

Wechselwirkung:

- geringe Komplexität und Entscheidbarkeit vs.
- benötigte Ausdruckstärke

Ideale Balance abhängig von Anwendung und Abstraktionsgrad, also nicht ein WR Formalismus sondern viele!

# Wissensrepräsentation

- Logik 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

BL ist Kompromiss bzgl. Ausdrucksstärke und Komplexität

# Beschreibungslogik

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

# Beschreibungslogik

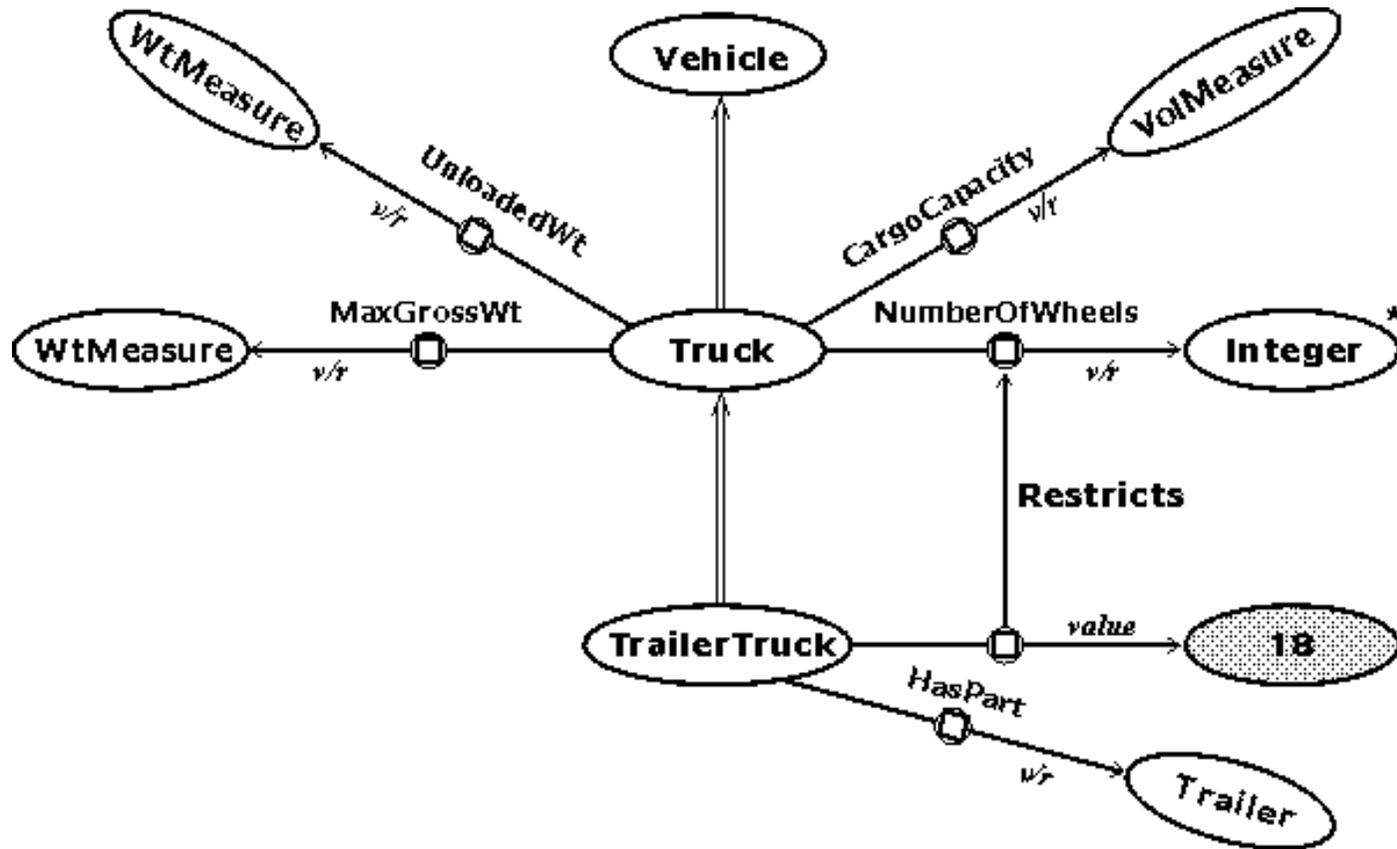
Historisch hervorgegangen sind BLen aus

- structured inheritance networks [Brachman78]
- einem bekannten historischen WR-System namens KL-ONE [Brachman&Schmolze85]

Diese frühen Formalismen

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

# KL-ONE Beispiel



# Beschreibungslogik

Zentrale Elemente der WR mit Beschreibungslogik:

- Konzepte

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

Mensch, Kurs, Universität, Tafel, Student, etc.

Können durch logische Ausdrücke (Formeln) beschrieben werden:

Mensch  $\sqcap \exists$  hört.Vorlesung

- Rollen

Sind binäre Relationen zwischen Objekten

hört, lehrt, istTeilVon, etc.

können (meist) nicht durch komplexe Ausdrücke beschrieben werden

# Beschreibungslogik

Zentrale Elemente der WR mit Beschreibungslogik:

- 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 WR mit Beschreibungslogik:

- 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

# Ontologien – Beispiel 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

Es gibt verschiedene Standards:

- ICD-10: Int. Classification of Diseases and Related Health Problems  
Publiziert von WHO, verwendet z.B. in Deutschland
- SNOMED CT: Standardized Nomenclature of Medicine, Clinical Terms  
Verwendet z.B. in USA, GB, Schweden, Australien,...

# Ontologien – Beispiel SNOMED

## SNOMED

- von einem internationalen non-profit Konsortium entwickelt (IHTSDO)
- standardisiert etwa 500.000 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 erhalten natürlich keine logischen Ausdrücke sondern einen Katalog von Begriffen.

# Ontologien – Beispiel SNOMED

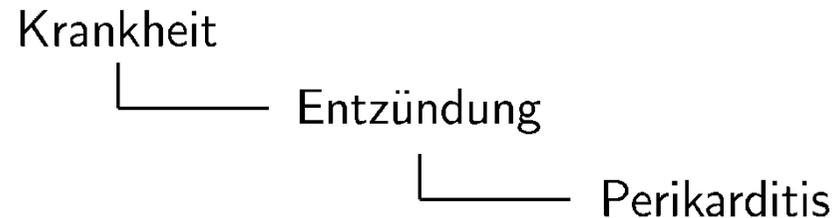
## Ontologiefragment

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

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

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

## Katalog





**Parent(s):**  
(Select a parent to make it the "Current Concept".)  
[Chronic disease \(disorder\)](#)  
[Disorder of skin \(disorder\)](#)

**Current Concept:**  
[Chronic disease of skin \(disorder\)](#)

- Child(ren):**  
(N=17) (Select a child to make it the "Current Concept".)
- [Acquired epidermolysis bullosa \(disorder\)](#)
  - [Chronic dermatitis \(disorder\)](#)
  - [Chronic eczema \(disorder\)](#)
  - [Chronic lichenoid pityriasis \(disorder\)](#)
  - [Chronic mucocutaneous candidiasis \(disorder\)](#)
  - [Chronic necrotic pododermatitis \(disorder\)](#)
  - [Chronic symmetrical impetigo \(disorder\)](#)
  - [Chronic urticaria \(disorder\)](#)
  - [Cutaneous mastocytosis \(disorder\)](#)
  - [Hemolytic anemia with emphysema AND cutis laxa \(disorder\)](#)
  - [Juvenile psoriatic arthritis \(disorder\)](#)
  - [Local recurrence of malignant melanoma of skin \(disorder\)](#)
  - [Local recurrence of malignant tumor of skin \(disorder\)](#)
  - [Recurrent basal cell carcinoma \(disorder\)](#)
  - [Recurrent erysipelas \(disorder\)](#)
  - [Recurrent focal palmar peeling \(disorder\)](#)

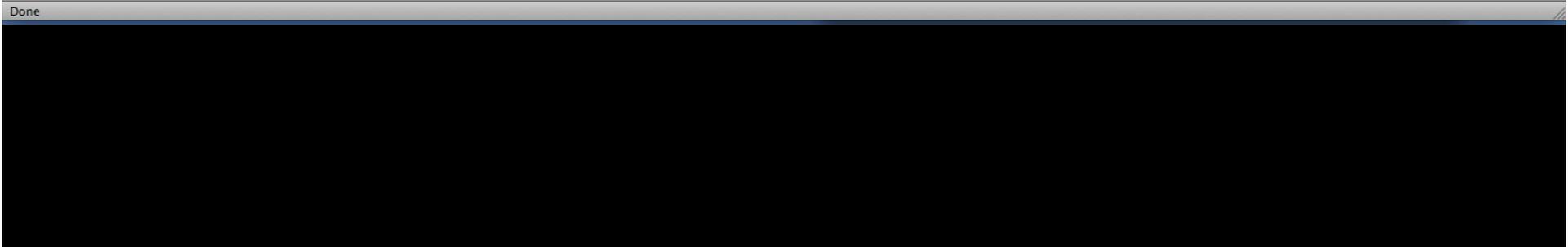
**Current Concept:**  
Fully Specified Name: Chronic disease of skin (disorder)  
ConceptId: 128236002

**Defining Relationships:**  
**Is a** Chronic disease (disorder)  
**Is a** Disorder of skin (disorder)  
**Clinical course** [Chronic \(qualifier value\)](#)  
**Finding site** [Skin structure \(body structure\)](#)  
This concept is fully defined.

**Qualifiers:**  
[View Qualifying Characteristics and Facts](#)

**Descriptions (Synonyms):**  
Fully Specified Name: Chronic disease of skin (disorder)  
Synonym: Chronic skin disease  
Synonym: Chronic dermatosis  
Preferred: Chronic disease of skin

**Related Concepts:**  
[- All "Is a" antecedents -](#)  
[- All descendents and related subtypes -](#)



# Struktur Vorlesung

- Kapitel 1: Einleitung
- Kapitel 2: Grundlagen
- Kapitel 3: Ausdrucksstärke und Modellkonstruktionen
- Kapitel 4: Tableau Algorithmen
- Kapitel 5: Komplexität
- Kapitel 6: ABoxen und Anfragebeantwortung
- Kapitel 7: Effiziente Beschreibungslogiken