



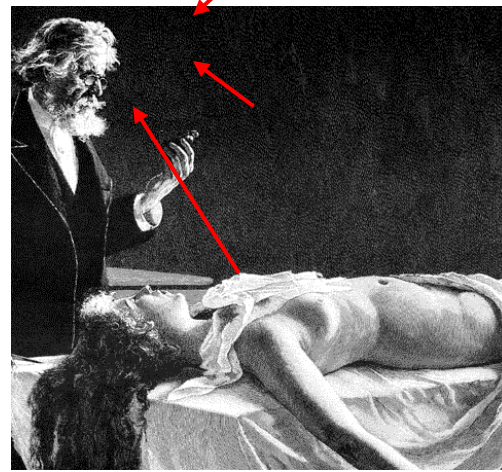
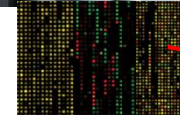
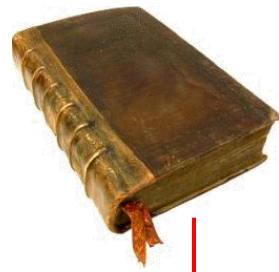
Medizinische Universität Graz

Biomedizinische Ontologie

Stefan Schulz

Institut für Medizinische Informatik,
Statistik und Dokumentation
Medizinische Universität Graz

Informationen im Behandlungsprozess



1550 v.Chr.

1812

2012

Datenexplosion in der biomedizinischen Forschung

Datenexplosion in der biomedizinischen Forschung

- Neue Generation von Gen-Sequenzern generiert
 - 500 GB Daten pro Stunde (entspricht 1.000.000.000.000 Zeichen)
- PubMed-Literaturdatenbank:
 - 21.763.549 Einträge
 - ein wiss. Aufsatz pro Minute
- UNIPROT – Proteindatenbank
 - 21.552.793 Proteine aus
 - 7.048.241.206 Aminosäuren



The screenshot shows a PubMed search interface. The search term 'Diabetes mellitus' is entered in the search bar. Below the search bar, there are links for 'RSS', 'Save search', and 'Advanced'. The 'Display Settings' are set to 'Summary, 20 per page, Sorted by Recently Added'. The 'Send to' button is also visible. The results section shows 'Results: 1 to 20 of 311223'. The first result is 'Necrobiosis lipidica diabetorum' by Scaramuzza A, Macedoni M, Tadini GL, De Angelis L, Redaelli F, Gazzari A, Comaschi V, Gianini E, Zuccotti GV. The second result is 'Sources and determinants of vitamin d intake in danish pregnant women' by Jensen CB, Petersen SB, Granström C, Maslova E, Mølgaard C, Olsen SF. The third result is 'Quercetin and epigallocatechin gallate induce in vitro a dose-dependent stiffening and hyperpolarizing effect on the cell membrane of human mononuclear blood cells' by Margina D, Ilie M, Gradinaru D.

Quellen: <http://web.expasy.org/docs/relnotes/relstat.html>

<http://www.nlm.nih.gov/bsd/revup>

<http://www.scientificcomputing.com/uploadedFiles/PDFs/White%20Papers/OcarinaLifeSciences.pdf>

Performanz der Informationsverarbeitung

Performanz der Informationsverarbeitung

Digital Power :=

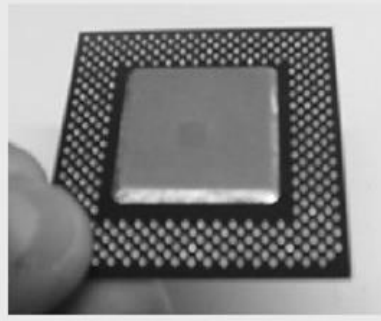
communication × computing × storage × content



„fiber law“



Verdoppelung
in 9 Monaten



„Moore's law“



Verdoppelung
in 18 Monaten



„disk law“



Verdoppelung
in 12 Monaten

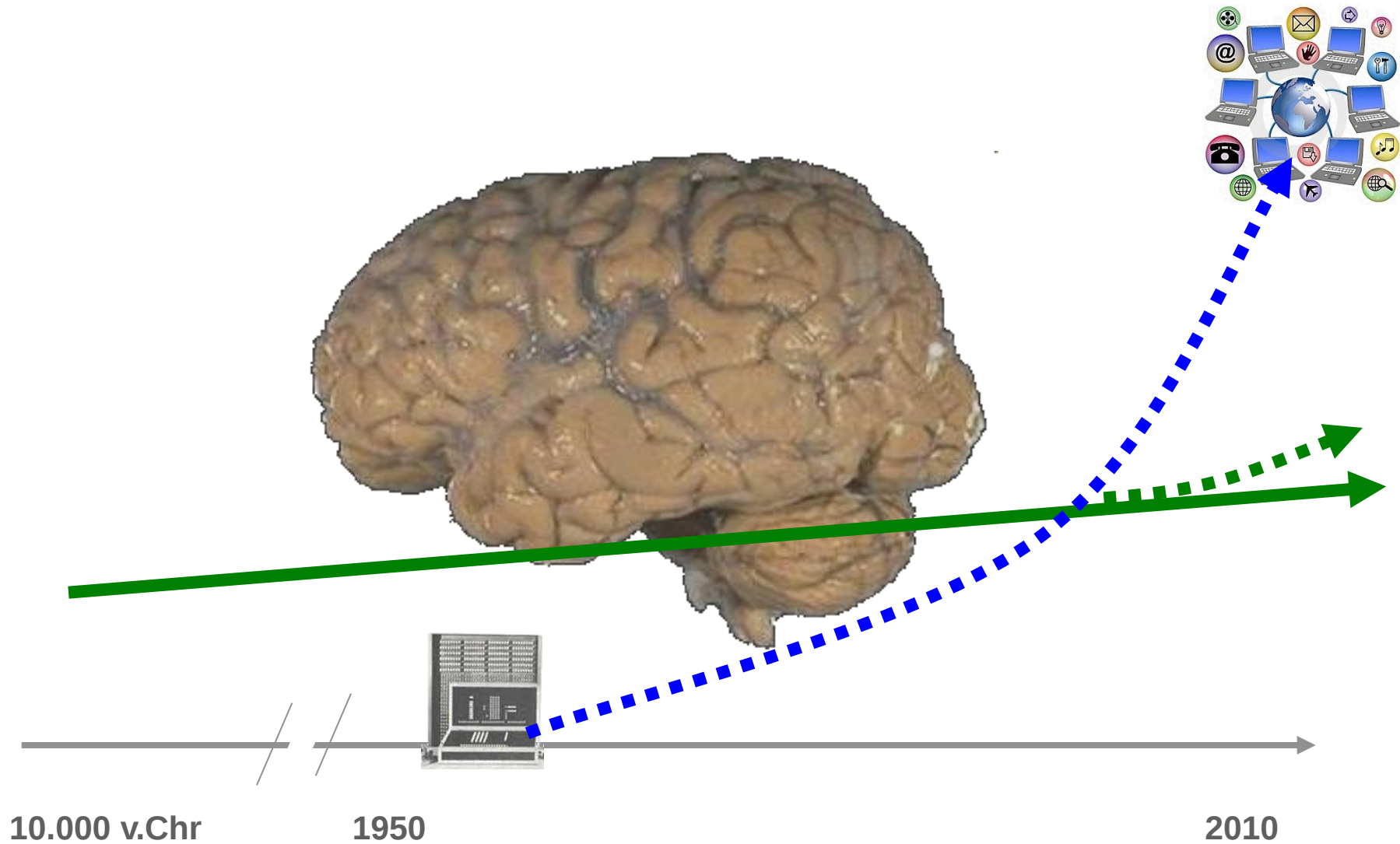


„community law“

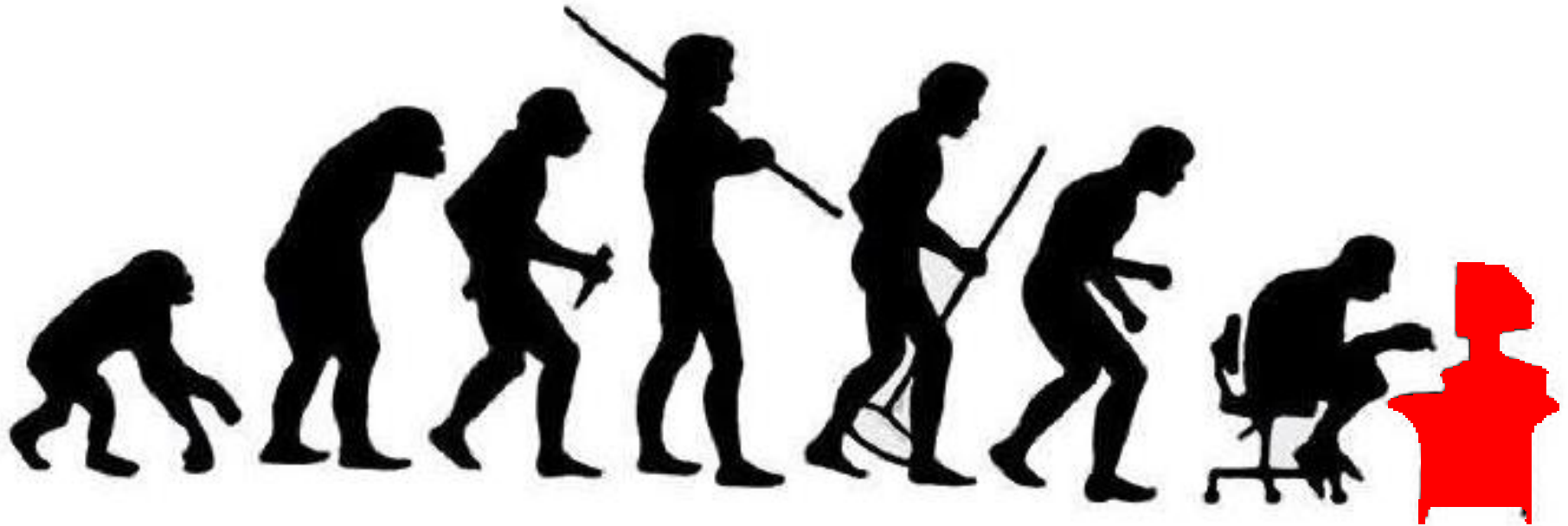


2 hoch
Anzahl Personen

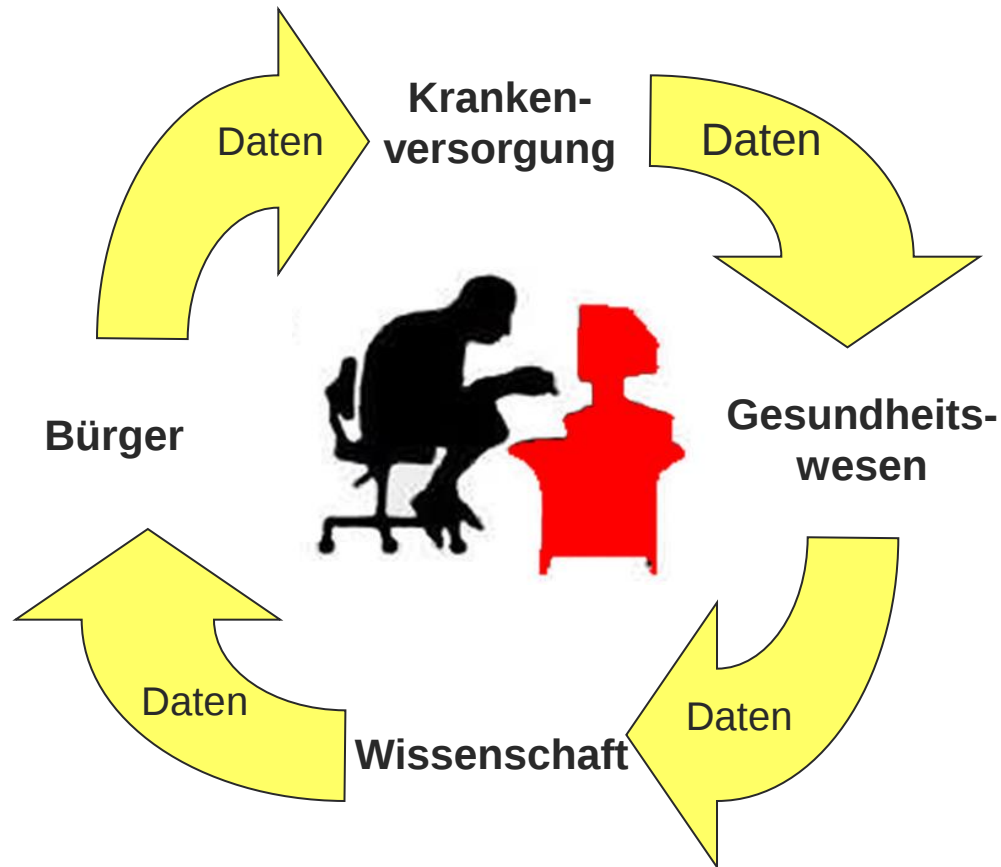
Menschliche Performanz



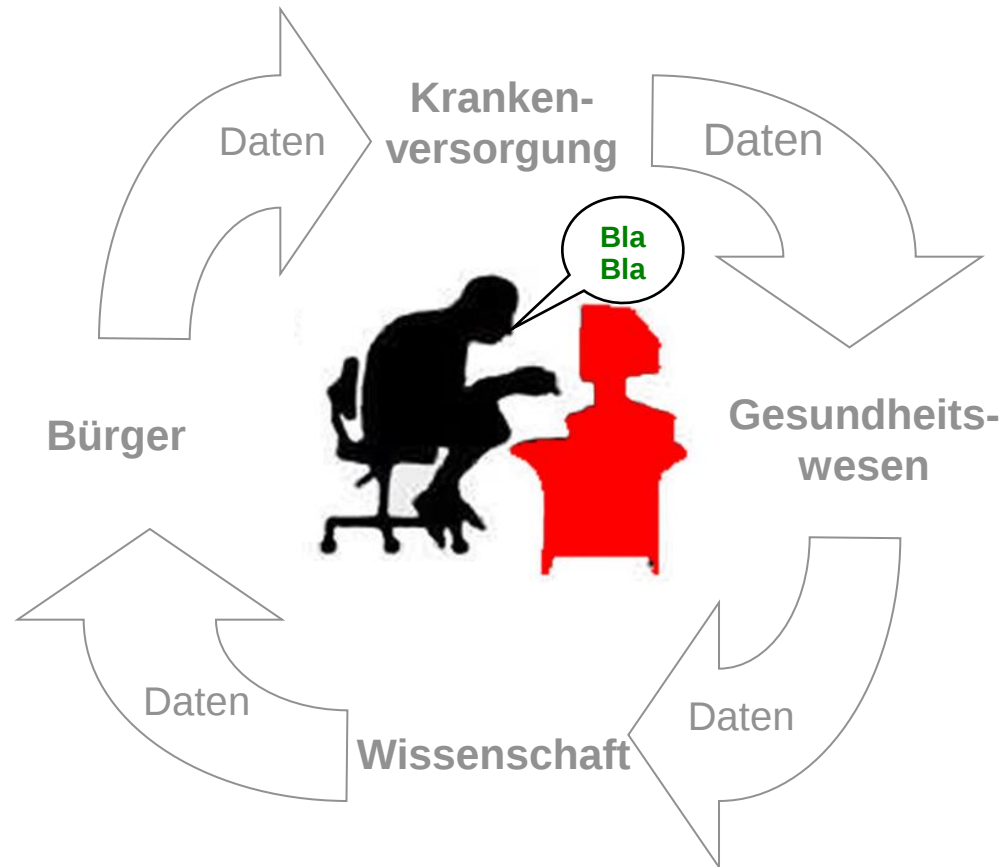
Mensch-Computer-Symbiose



Semantische Interoperabilität zwischen menschlichen und maschinellen Agenten



Standardisierte Sprache?



Standardisierte Sprache? Wozu?

- Dokumentenrecherche
- Informationsrecherche
- Wissensextraktion, Data Mining
- Question Answering
- Entscheidungsunterstützung in der Medizin
- Statistische Auswertungen
- Automatische Zusammenfassung von Forschungsdaten
- Qualitätssicherung in Medizin und Wissenschaft
- Leistungsabrechnung in der medizinischen Versorgung

Standardisierte Terminologien (> 100) im UMLS (Unified Medical Language System)

AI/RHEUM	International Classification of Primary Care	NCI SEER ICD Neoplasm Code Mappings
Alcohol and Other Drug Thesaurus	International Classification of Primary Care 2nd Edition	NCI Thesaurus
Alternative Billing Concepts	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems	Neuronames Brain Hierarchy
Beth Israel Vocabulary	JAMAS Japanese Medical Thesaurus (JJMT)	Nursing Interventions Classification
Canonical Clinical Problem Statement System	Library of Congress Subject Headings	Nursing Outcomes Classification
Clinical Classifications Software	LOINC 2.15	Omaha System
Clinical Terms Version 3 (CTV3) (Read Codes)	Master Drug Data Base	Online Congenital Multiple Anomaly/Mental Retardation Syndromes
Common Terminology Criteria for Adverse Events	McMaster University Epidemiology Terms	Online Mendelian Inheritance in Man
COSTAR	Medical Dictionary for Regulatory Activities Terminology (MedDRA)	Patient Care Data Set
COSTART	Medical Entities Dictionary	Perioperative Nursing Data Set
CRISP Thesaurus	Medical Subject Headings	Pharmacy Practice Activity Classification
Current Dental Terminology 2005 (CDT-5)	MEDLINE (1996-2000)	Physician Data Query
Current Procedural Terminology	MEDLINE (2001-2006)	Physicians' Current Procedural Terminology
Diseases Database	MedlinePlus Health Topics_2004_08_14	Quick Medical Reference (QMR)
DSM-III-R	Micromedex DRUGDEX	Read thesaurus
DSM-IV	Multum MediSource Lexicon	Read thesaurus Americanized Synthesized Terms
DXplain	NANDA nursing diagnoses: definitions & classification	RXNORM Project
Gene Ontology	National Drug Data File Plus Source Vocabulary	SNOMED-2
HCPCS Version of Current Dental Terminology 2005 (CDT-5)	National Drug File - Reference Terminology	SNOMED Clinical Terms
HCPCS Version of Current Procedural Terminology (CPT)	National Library of Medicine Medline Data	SNOMED International
Healthcare Common Procedure Coding System	NCBI Taxonomy	Standard Product Nomenclature
HL7 Vocabulary Version 2.5		Thesaurus of Psychological Index Terms
HL7 Vocabulary Version 3.0		The Universal Medical Device Nomenclature System (UMDNS)
Home Health Care Classification		UltraSTAR
HUGO Gene Nomenclature		UMLS Metathesaurus
ICD10		University of Washington Digital Anatomist
ICD-9-CM		USP Model Guidelines
ICPC		Veterans Health Administration National Drug File
ICPC2 - ICD10 Thesaurus		WHO Adverse Reaction Terminology
ICPC2-ICD10 Thesaurus		WHOART

Charakteristika der meisten biomedizinischen Terminologiesysteme

- Bedeutungseinheiten („Konzepte“) stehen für ein oder mehr synonyme Fachterme
- Bedeutungsrelationen verbinden die Bedeutungseinheiten in der Art eines semantischen Netzes
 - „broader than“ / „narrower than“
 - „related to“
 - „part_of“
- Implizite Kontexte
- Keine formale Semantik

Beispiel: Medical Subject Headings

MeSH Heading	Fetal Blood
Tree Number	A12.207.152.200
Tree Number	A15.145.300
Tree Number	A16.378.200
Annotation	/ transpl : consider also CORD BLOOD STEM CELL TRANSPLANTATION
Scope Note	Blood of the fetus. Exchange of nutrients and waste between the fetal and maternal blood occurs via the PLACENTA . The cord blood is blood contained in the umbilical vessels (UMBILICAL CORD) at the time of delivery.
Entry Term	Cord Blood
Entry Term	Umbilical Cord Blood
Allowable Qualifiers	CH CY DE EN IM ME MI PH PS RA RE RI TR US VI
Previous Indexing	Umbilical Cord (1966-1974)
History Note	75
Date of Entry	19741119
Unique ID	D005312

[Fluids and Secretions \[A12\]](#)

[Body Fluids \[A12.207\]](#)

[Blood \[A12.207.152\]](#)

► [Fetal Blood \[A12.207.152.200\]](#)

[Plasma \[A12.207.152.693\]](#) +

[Serum \[A12.207.152.846\]](#) +

Beispiel: Foundational Model of Anatomy

Select navigation tree type:

- + External part of mouth
- Internal part of mouth
 - + Palate
 - + Mandibular alveolodental arch
 - + Floor of mouth
 - + Faucial part of mouth
 - Maxillary alveolodental arch
 - + Labial segment of maxillary alveolodental arch
 - + Right buccal segment of maxillary alveolodental
 - + Left buccal segment of maxillary alveolodental
 - **Upper jaw**
 - Right side of upper jaw
 - Left side of upper jaw
 - + Alveolar arch of maxilla
 - Maxillary dental arcade
 - + Set of maxillary periodontia
 - Maxillary dentition
 - Left third upper molar tooth
 - **Crown of left third upper molar tooth**
 - Mesio Buccal cusp of left upper third molar tooth
 - Mesiolingual cusp of left upper third molar tooth



Beispiel: International Classification of Diseases (ICD 10)

E10.- Primär insulinabhängiger Diabetes mellitus [Typ-1-Diabetes]

[4. und 5. Stellen siehe am Anfang dieser Krankheitsgruppe]

Inkl.: Diabetes mellitus:

- juveniler Typ
- labil [brittle]
- mit Ketoseneigung

Exkl.: Diabetes mellitus:

- beim Neugeborenen ([P70.2](#))
- in Verbindung mit Fehl- oder Mangelernährung [Malnutrition] ([E12.-](#))
- pankreopriv ([E13.-](#))
- während der Schwangerschaft, der Geburt oder des Wochenbettes ([O24.-](#))

Gestörte Glukosetoleranz ([R73.0](#))

Glukosurie:

- renal ([E74.8](#))
- o.n.A. ([R81](#))

Postoperative Hypoinsulinämie, außer pankreopriver Diabetes mellitus ([E89.1](#))

Neuere Biomedizinische Terminologien

- Systematized Nomenclature of Medicine, Clinical Terms (SNOMED CT)
- NCI (Nat. Cancer Inst.) Thesaurus
- OBO (Open Biomedical Ontologies)
 - Gene Ontology
 - Chemical Entities of Biological Interest (ChEBI)
 - Protein Ontology
 - Phenotypic Quality

Neuere Biomedizinische Terminologien

- Systematized Nomenclature of Medicine, Clinical Terms (SNOMED CT)
- NCI (Nat. Cancer Inst.) Thesaurus
- OBO (Open Biomedical **Ontologies**)
 - Gene **Ontology**
 - Chemical Entities of Biological Interest (ChEBI)
 - Protein **Ontology**
 - Phenotypic Quality

„Ontologie“: Schlagwort oder Paradigmenwechsel ?

„Ontologie“ in den Computerwissenschaften

- T. Gruber: *„ontology: specification of a conceptualization“*
 - Konsistente Menge logischer Axiome
 - Formale Repräsentation von
 - Domänenwissen („Jede Zelle hat eine Membran“)
 - Termdefinitionen („Hepatitis $\equiv$ Entzündung mit Lokalisation Leber“)
 - Zweckorientierte Repräsentation eines Diskursbereichs:
„Deciding whether a particular concept is a class in an ontology or an individual instance depends on what the potential applications of the ontology are“

Beschreibungslogiken („Description Logics“)

- Entscheidbare Untermengen der Prädikatenlogik erster Stufe
- T-Box: Klassen, A-Box: Individuen
- Klassen sind Mengen von Individuen
- Relationen sind Mengen von Individuenpaaren

FOL: $\forall x: \text{instanceOf}(x, \textit{Hepatitis}) \Leftrightarrow \text{instanceOf}(x, \textit{Inflammation}) \wedge \exists y: \text{instanceOf}(y, \textit{Liver}) \wedge \text{hasLocation}(x,y)$

DL: *Hepatitis* equivalentTo *Inflammation* and **hasLocation** some *Liver*

Semantik der Beschreibungslogik ALC

A terminological interpretation $\mathcal{I} = (\Delta^{\mathcal{I}}, \cdot^{\mathcal{I}})$

over a signature (N_C, N_R, N_O) consists of

- a non-empty set $\Delta^{\mathcal{I}}$ called the *domain*
- a *interpretation function* $\cdot^{\mathcal{I}}$ that maps:
 - every *individual* a to an element $a^{\mathcal{I}} \in \Delta^{\mathcal{I}}$
 - every *concept* to a subset of $\Delta^{\mathcal{I}}$
 - every *role name* to a subset of $\Delta^{\mathcal{I}} \times \Delta^{\mathcal{I}}$

such that

- $\top^{\mathcal{I}} = \Delta^{\mathcal{I}}$
- $\perp^{\mathcal{I}} = \emptyset$
- $(C \sqcup D)^{\mathcal{I}} = C^{\mathcal{I}} \cup D^{\mathcal{I}}$ (*union* means *disjunction*)
- $(C \sqcap D)^{\mathcal{I}} = C^{\mathcal{I}} \cap D^{\mathcal{I}}$ (*intersection* means *conjunction*)
- $(\neg C)^{\mathcal{I}} = \Delta^{\mathcal{I}} \setminus C^{\mathcal{I}}$ (*complement* means *negation*)
- $(\forall R.C)^{\mathcal{I}} = \{x \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \text{for every } y, (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \text{ implies } y \in C^{\mathcal{I}}\}$
- $(\exists R.C)^{\mathcal{I}} = \{x \in \Delta^{\mathcal{I}} \mid \text{there exists } y, (x, y) \in R^{\mathcal{I}} \text{ and } y \in C^{\mathcal{I}}\}$

Define $\mathcal{I} \models$ (read *I models*) as follows

TBox

- $\mathcal{I} \models C \sqsubseteq D$ if and only if $C^{\mathcal{I}} \subseteq D^{\mathcal{I}}$
- $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ if and only if $\mathcal{I} \models t$ for every $t \in \mathcal{T}$

ABox

- $\mathcal{I} \models a : C$ if and only if $a^{\mathcal{I}} \in C^{\mathcal{I}}$
- $\mathcal{I} \models (a, b) : R$ if and only if $(a^{\mathcal{I}}, b^{\mathcal{I}}) \in R^{\mathcal{I}}$
- $\mathcal{I} \models \mathcal{A}$ if and only if $\mathcal{I} \models a$ for every $a \in \mathcal{A}$

Knowledge base

Let $\mathcal{K} = (\mathcal{T}, \mathcal{A})$ be a knowledge base.

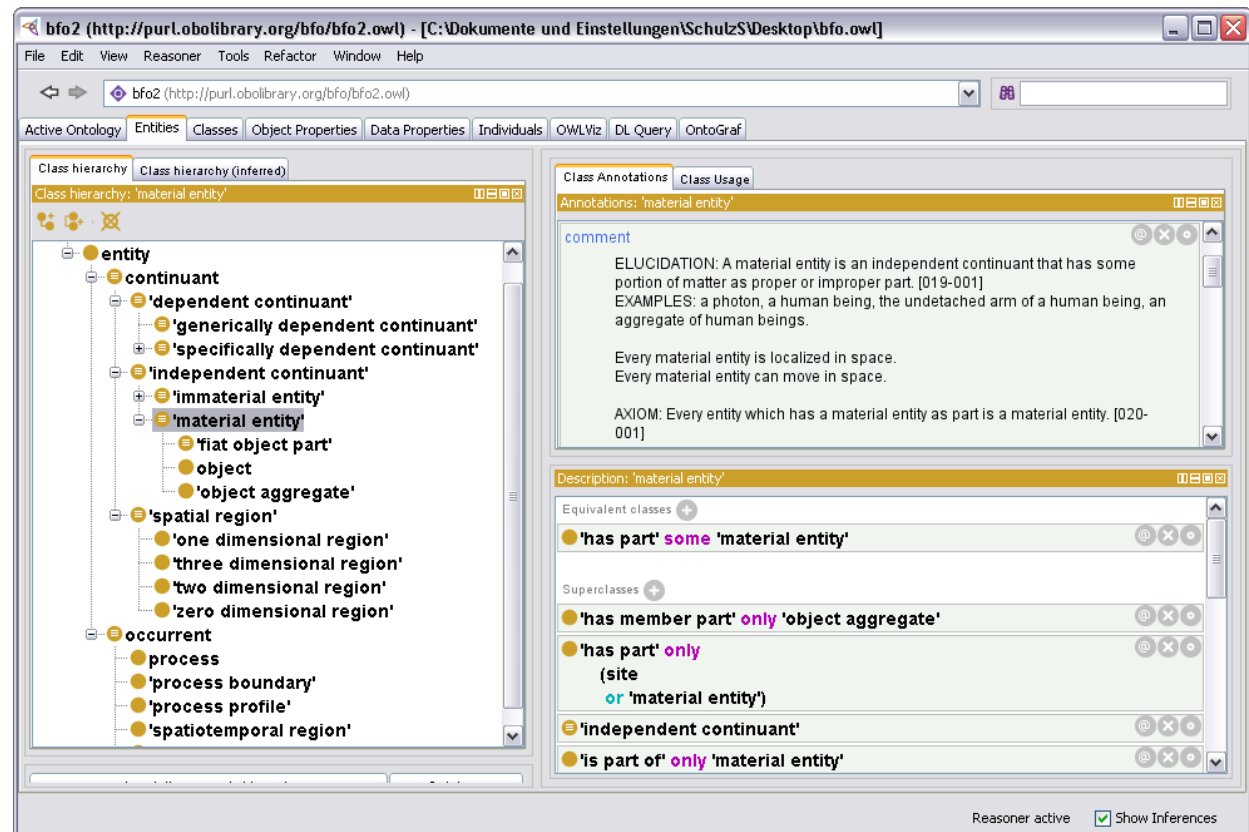
- $\mathcal{I} \models \mathcal{K}$ if and only if $\mathcal{I} \models \mathcal{T}$ and $\mathcal{I} \models \mathcal{A}$

Standardisierung der Beschreibungslogiken

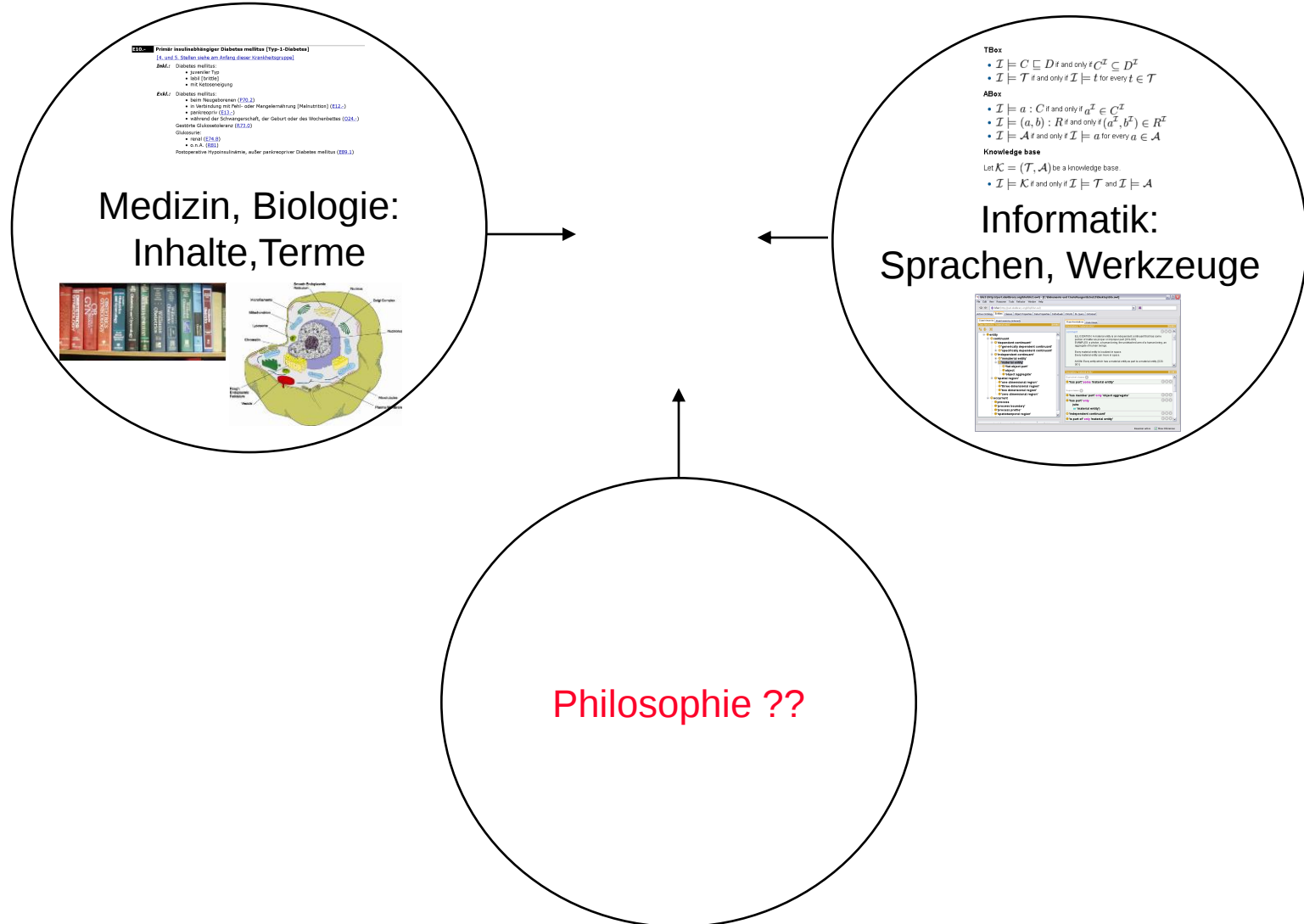
- Web Ontology Language (OWL)
- Spezifikation des World Wide Web Consortiums (W3C)
- Basiert auf der RDF-Syntax (Semantic Web)
- OWL Sprachprofile: DL, EL, RL, QL
 - Unterschiedliche Ausdrucksstärke
 - Unterschiedliche Performanz

Beschreibungslogiken: Werkzeuge

- Editoren:
 - Protégé 4.2:
(siehe Demo)
- Reasoner
 - Pellet
 - HermiT
 - Fact++



Biomedizinische Ontologien 2000 - 2012



Positionen der Angewandten Ontologie

- Angewandte Ontologie: wendet philosophische Ideen und Methoden aus der Ontologie an, um Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung aufzubereiten
- Aristotelischer Realismus, Abgrenzung von Descartes und Kant, Konstruktivismus und Postmoderne
- Ontologischer Perspektivismus: verschiedene Sichtweisen auf die eine Realität (z.B. Granularität)
- Vermittlung zwischen Medizinern / Biologen und Informatikern / Logikern:
 - Aristotelische Definitionen (*Definitio fit per genus proximum et differentiam specificam*) abbildbar in Beschreibungslogiken
 - Kritik an bestehenden Terminologiesystemen
- Upper Level Ontologies



Nicola Guarino
Trient, Italien



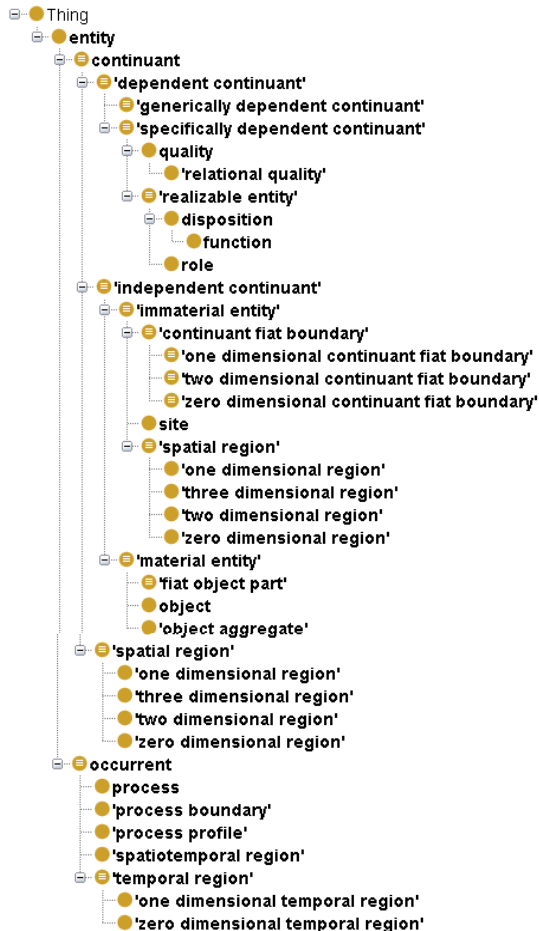
Barry Smith
Buffalo, USA

Upper-level Ontologien

- Vorgegebenes System von sich gegenseitig ausschließenden Kategorien
- Relationen und Axiome
- Gewollt: starke Einschränkung des Freiraums bei der Erstellung von Domänenontologien
- Typischer Produktionszyklus bei der Erstellung von Domänenontologien als Erweiterung von Upper-level Ontologien:
 - Erstellung neuer Axiome
 - Klassifikation der Ontologie
 - Identifikation von Inkonsistenzen
 - Behebung von Inkonsistenzen

Upper-level Ontologies: Beispiel BFO 2.0 (Basic Formal Ontology, Prototyp)

Klassen



Relationen



Schwächen bestehender Terminologiesysteme unter ontologischer Analyse

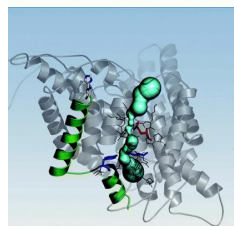
- Instanzen statt Unterklassen
 - „*Insulin* instanceOf *Peptide*“
- Oberklassen statt Rollen
 - *Fish* subClassOf *Food*
- Epistemische Überlagerung
 - *Infection of unknown origin* subClassOf *Infection*
- Verborgene Ambiguität
 - *Tumor* subClassOf *Pathological Process*
 - *Tumor* subClassOf *Pathological Body Part*
- Verwechslung Funktion / Prozess
 - *ATP transport* subClassOf *Biological Function*
 - *ATP transport* subClassOf *Biological Process*
- Verwechslung Prozess / Plan
 - *Planned Tonsillectomy* subClassOf *Tonsillectomy*
- Verwechslung materielles Objekt / Informationsobjekt
 - *Thorax XRay* subClassOf **hasPart** some *Heart*

Kontroversen: Adäquatheit des ontologischen Realismus

- Entsprechen alle relevanten biomedizinischen Terme Instanzen von Universalien? Sind Universalien überhaupt relevant?
 - „*Nicht insulinabhängiger Diabetes mellitus*“?
- Ist der Universalienbegriff kompatibel mit der kontinuierlichen Beschaffenheit biologischer Objekte?
- Nicht referenzierende Terme in wissenschaftlichem Diskurs
 - „*forecast of solar cosmic rays radiation risk during a manned Mars mission*“,
 - “*Experiments to determine whether the Higgs boson exists are currently being performed using the Large Hadron Collider (LHC) at CERN*”.
- Epistemische Aspekte in klinischer Dokumentation
 - „*Verdachtsdiagnose Lungenembolie*“, „*möglicherweise bösartiger Tumor*“, „*Patient wurde auf Meningitis behandelt*“, „*erhöhtes Melanomrisiko*“, „*Blutgruppe unbekannt*“
- Upper-Level-Ontologien ignorieren Pluralismus von Weltbeschreibungen
 - Semantic Web AAA slogan: „**Anyone** can say **Anything** about **Any** topic“

Ontologie-basierte medizinische Terminologiesysteme

- SNOMED CT:
 - Internationaler terminologisch/ontologischer Standard für die gesamte Medizin, über 300.000 bedeutungstragende Einheiten („Konzepte“)
 - Verwendung der Beschreibungslogik EL
 - Langsame, aber stetige Inkorporierung ontologischer Prinzipien
- NCI Thesaurus:
 - „Ontology-like vocabulary“ für die Tumorforschung, 34.000 Konzepte
 - Batch-Konvertierung einer Thesaurusstruktur in Ontologiesprache OWL
 - Unter DL-Semantik zahlreiche sachlich falsche Axiome:
 - *UreterSmallCellCarcinoma* subclassOf **DiseaseMayHaveFinding** some *Pain*
 - *CalciumActivatedChlorideChannel2* subclassOf **(GeneProductExpressedInTissue** some *Lung*) and **(GeneProductExpressedInTissue** some *MammaryGland*) and **(GeneProductExpressedInTissue** some *Trachea*)



Ontologien in der Biologie: Pionier „Gene Ontology“



Part of

(partonomy)



Is a

(taxonomy)

- ⊕ ⓘ GO:0044463 : cell projection part (277)
- ⊕ ⓘ GO:0030428 : cell septum (44)
- ⊕ ⓘ GO:0044457 : cell septum part (2)
- ⊖ ⓘ **GO:0043025 : cell soma (77)** 🌈
 - ⓘ GO:0043203 : axon hillock (2)
 - ⓘ GO:0043204 : perikaryon (1)
- ⊕ ⓘ GO:0009986 : cell surface (688)
- ⊕ ⓘ GO:0030312 : external encapsulating structure (834)
- ⊕ ⓘ GO:0044462 : external encapsulating structure part (380)
- ⊕ ⓘ GO:0042763 : immature spore (23)
- ⊕ ⓘ GO:0005622 : intracellular (70290)
- ⊕ ⓘ GO:0044424 : intracellular part (69594)
 - ⓘ GO:0031255 : lateral part of motile cell (0)
- ⊕ ⓘ GO:0031252 : leading edge (208)
- ⊖ ⓘ **GO:0016020 : membrane (21224)** 🌈
 - ⓘ GO:0030673 : axolemma (4)
 - ⊕ ⓘ GO:0009941 : chloroplast envelope (90)
 - ⊕ ⓘ GO:0048475 : coated membrane (238)
 - ⊕ ⓘ GO:0012505 : endomembrane system (1706)
 - ⊕ ⓘ GO:0044425 : membrane part (15359)
- ⊖ ⓘ **GO:0031090 : organelle membrane (3785)** 🌈
 - ⊕ ⓘ GO:0005789 : endoplasmic reticulum membrane (606)
 - ⊕ ⓘ GO:0010008 : endosome membrane (62)
 - ⊕ ⓘ GO:0031312 : extrinsic to organelle membrane (19)
 - ⊕ ⓘ GO:0020017 : flagellar membrane (1)
 - ⓘ GO:0046860 : glycosome membrane (4)
 - ⊖ ⓘ **GO:0000139 : Golgi membrane (310)** 🌈

Weiterentwicklung zur OBO (Open biomedical Ontologies) Foundry

- Im Gegensatz zu medizinischen Ontologien kollaborative, arbeitsteilige „bottom up“ - Entwicklung
- Anknüpfend an den Erfolg der Gene Ontology
- Folgt Prinzip des Aristotelischen Realismus
- Eingebettet in BFO + RO (OBO Relation Ontology)
- Anspruch: orthogonale interoperable Referenzontologien
- Zunächst in OBO: proprietäre Syntax (mit teils unklarer Semantik)
- Zunehmend Einsatz von OWL-DL

OBO Foundry: Idealbild

RELATION TO TIME GRANULARITY	CONTINUANT				OCCURRENT
	INDEPENDENT		DEPENDENT		
ORGAN AND ORGANISM	Organism (NCBI Taxonomy)	Anatomical Entity (FMA, CARO)	Organ Function (FMP, CPRO)	Phenotypic Quality (PATO)	Biological Process (GO)
CELL AND CELLULAR COMPONENT	Cell (CL)	Cellular Component (FMA, GO)	Cellular Function (GO)		
MOLECULE	Molecule (ChEBI, SO, RnaO, Pro)		Molecular Function (GO)		Molecular Process (GO)

Anspruch und Wirklichkeit

- OBO Foundry - Prinzipien
 - Einfache Subklassen-Hierarchien, multiple hierarchische Links werden inferiert. (Genus-species definitions)
 - Realität: die meisten Ontologien haben bisher keine internen Äquivalenzaxiome
- “Cross products”: Definitionen über Einzelontologien hinweg:
 - *Calcitonin secreting cell* (Cell Ontology) equivalentTo *Secretory cell* and **secretes** some *Calcitonin* (ChEBI)
 - *Heart development* (Gene Ontology) equivalentTo *Developmental process* and **hasParticipant** some *Heart* (FMA)
 - Bisher nur experimentell / teilautomatisch mit bekannten systematischen Fehlern

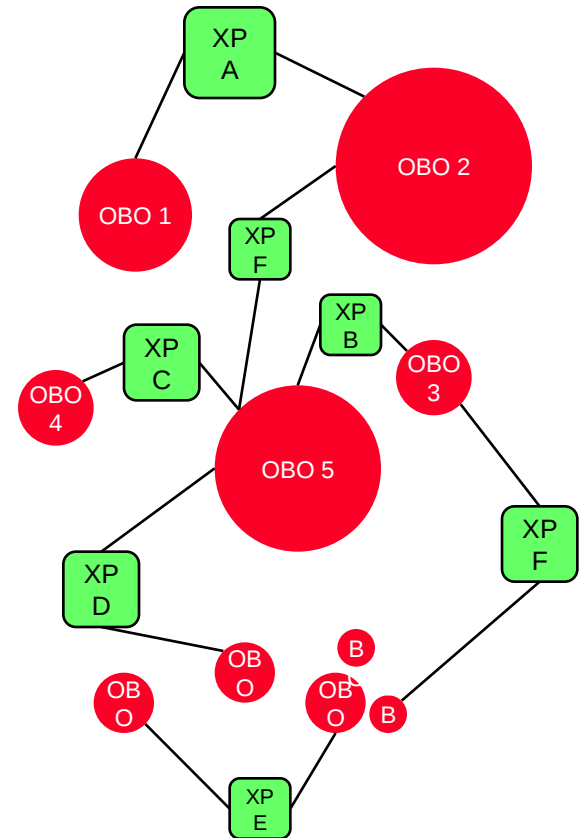
OBO Foundry Architektur

● Typische Axiome in Modulen

- A subclassOf B
- A subclassOf r some C

■ Typische Axiome in “Cross Products”

- A equivalentTo r some D
- A equivalentTo
(r some D) and
(s some E)



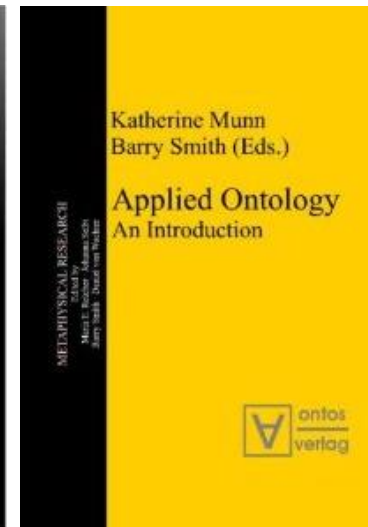
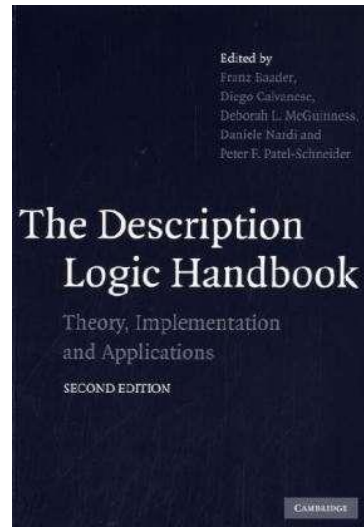
Ausblick: Biomedizinische Ontologien

- *Ontology Engineering* als Fachdisziplin in den Anfängen
- Keine allgemein akzeptierte „Good practice Guidelines“
- Ontologiepflege viel aufwändiger als Terminologiepflege
- Bisher keine empirische Evidenz für die Überlegenheit philosophisch fundierter formaler Ontologien gegenüber nichtformalen Ansätzen
- Problem der Skalierbarkeit
 - Ausdrucksarm aber performant ODER
 - Ausdrucksstark und zu langsam

Offene Fragen zu Biomedizinischen Ontologien

- Verselbständigt sich die „Bottom-up“ – Methode, so dass qualitativ hochwertige interoperable Ontologien entstehen?
- Lässt sich die Erstellung hochwertiger Ontologien in einem Top-Down-Ansatz erreichen?
- Kann Konsens bezüglich einer Upper Level Ontology gefunden werden?
- Welches Potential besteht für die Verbesserung von Softwarewerkzeugen?
- Erreichen die Softwarewerkzeuge Industriestandard?
- Gibt es überzeugende Anwendungsfälle, die den Nutzen formaler Ontologie bestätigen?
- Hat „Applied Ontology“ das Potential, sich zur Ingenieursdisziplin auf philosophischer Grundlage weiter zu entwickeln ?

Weiterführende Literatur



Webseiten

- Description Logics: <http://dl.kr.org/>
- Protégé: <http://protege.stanford.edu/>
- Bioontologien: <http://www.bioontology.ch/>
- Buffalo Ontology Site: <http://ontology.buffalo.edu/smith/>
- OBO Foundry: <http://obofoundry.org/>
- Bioportal: <http://bioportal.bioontology.org/>
- SNOMED CT: <http://www.ihtsdo.org/snomed-ct/>
<http://terminology.vetmed.vt.edu/sct/menu.cfm>
- Eigene Website: <http://purl.org/steschu>
- ICBO FOIS 2012 (Graz): <http://purl.org/icbofois2012>



HOME

[ICBO + FOIS](#)
[ICBO](#)
[FOIS](#)

ICBO:

[Call for Submissions](#)
[Workshops / Tutorials](#)
[Informal meetings](#)
[Organization](#)
[Accepted Papers](#)

FOIS:

[Call for Submissions](#)
[Workshops / Tutorials](#)
[Organization](#)
[Accepted Papers](#)

[Program Overview](#)
[Early Career Symposium](#)
[Keynotes](#)
[Dates and Times](#)
[Author Instructions](#)
[Venue](#)
[Sponsors](#)
[Registration](#)
[Downloads](#)

ICBO 2012: 3rd International Conference on Biomedical Ontology

The use of biomedical ontologies in annotation of both clinical and experimental data is now a common technique in integrative translational research. To be maximally effective, such ontologies must work well together. As they become more more widely used, the coordination problems become ever more urgent. ICBO 2012 addresses these problems. It will bring together representatives of all major communities involved in ontology use and development in biomedical research, health care, and related areas.

ICBO 2012 Chairs:

Ronald Cornet, Robert Stevens, Melanie Courtot, Ludger Jansen, Trish Whetzel, Janna Hastings

FOIS 2012: 7th International Conference on Formal Ontology in Information Systems

The philosophical discipline of Ontology has become practically relevant with the evolution of complex information systems which rely on robust and coherent representations. Such representations and associated reasoning techniques constitute the modern discipline of formal ontology, which is now applied to artificial intelligence, computational linguistics, bioinformatics, GIS, knowledge engineering, information retrieval, and the Semantic Web. FOIS is intended to explore both theoretical issues and concrete applications.

FOIS 2012 Chairs:

Michael Grüninger, Maureen Donnelly, Giancarlo Guizzardi

Local Organizers

Stefan Schulz
Catalina Martínez
Markus Kreuzthaler

Institute for Medical Informatics, Statistics and Documentation

Medical University of Graz

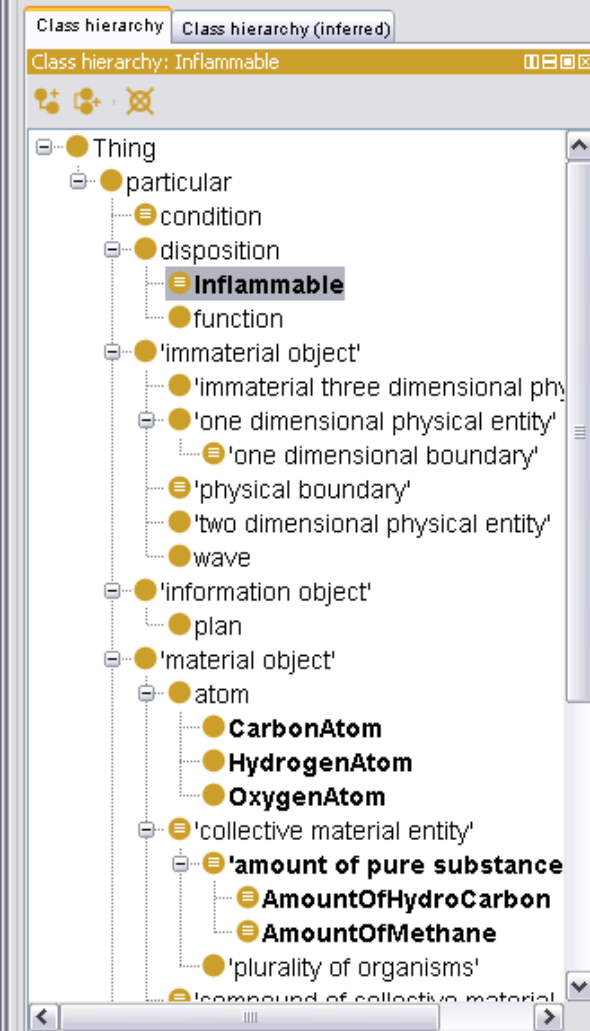
Auenbruggerplatz 2
8036 Graz, Austria

Email:
stefan.schulz [at]
medunigraz.at

News

Apr 20: Tutorials and Workshops: Early registration rates apply until July

Mar 21: Online Registration open



Class Annotations Class Usage

Annotations: Inflamable

Annotations +

Description: Inflamable

Equivalent classes +

- disposition** and ('has realization' only Combustion)

Superclasses +

Inherited anonymous classes

- 'has realization' only process
- 'inherits in' some ('immaterial object' or 'material object')

Ontology1337637277227 (http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/4/Ontology1337637277227.owl) - [C:\Dokumente und Einstellungen\SchulzS\Ei...

File Edit View Reasoner Tools Refactor Window Help

Ontology1337637277227 (http://www.semanticweb.org/ontologies/2012/4/Ontology1337637277227.owl)

Active Ontology Entities Classes Object Properties Data Properties Individuals OWLViz DL Query OntoGraf

Class hierarchy Class hierarchy (inferred)

Class hierarchy: 'amount of pure substance'

- wave
- 'information object'
- plan
- 'material object'
- atom
 - CarbonAtom
 - HydrogenAtom
 - OxygenAtom
- 'collective material entity'
- 'amount of pure substance'
 - AmountOfHydroCarbon
 - AmountOfMethane
- 'plurality of organisms'
- 'compound of collective material entity'
- 'mono molecular entity'
 - HydroCarbonMolecule
 - MethaneMolecule
 - MoleculeContainingHydrogen
 - WaterMolecule
- 'poly molecular composite entity'
 - 'structured biological entity'
- process
- quality
- role
- time
- 'value region'

Class Annotations Class Usage

Annotations: 'amount of pure substance'

Annotations +

- label
 - amount of pure substance
- definition
 - collection with molecules or atoms as granular parts of the same sort

Description: 'amount of pure substance'

Equivalent classes +

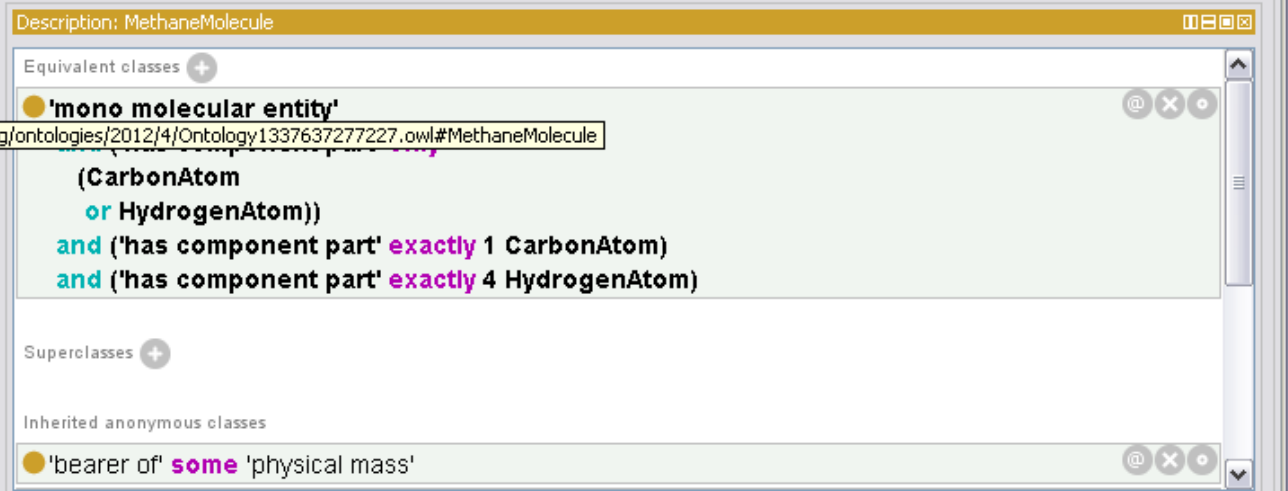
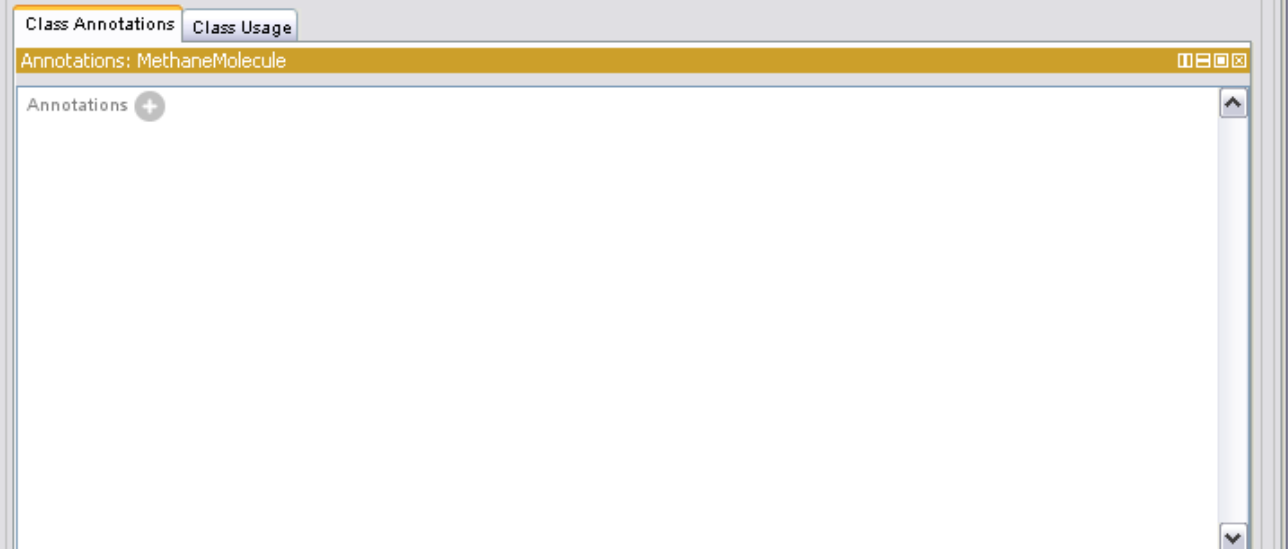
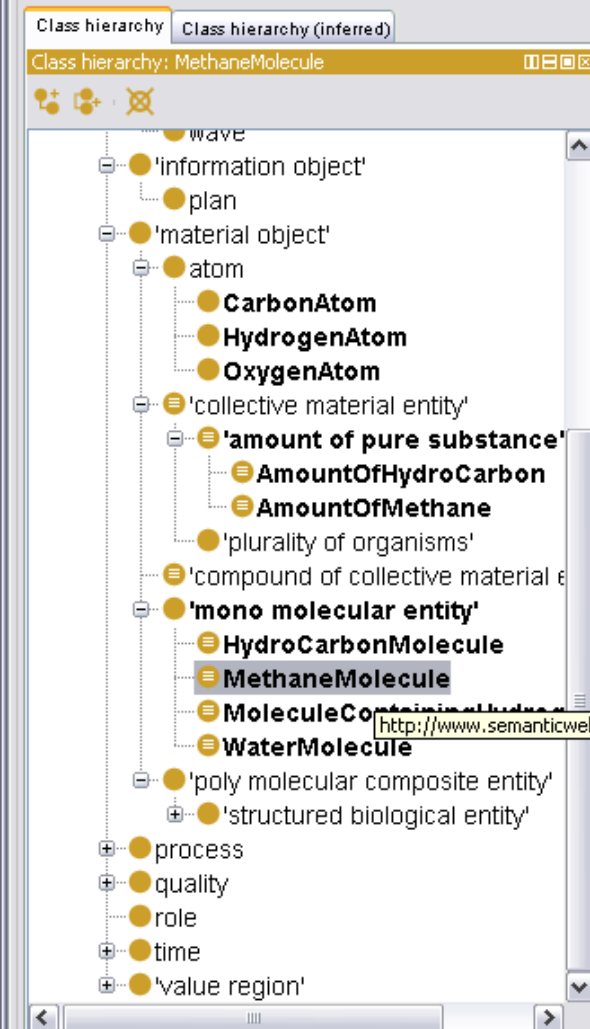
- 'collective material entity' and ('has granular part' some (atom or 'mono molecular entity')) and ('has granular part' only (atom or 'mono molecular entity'))

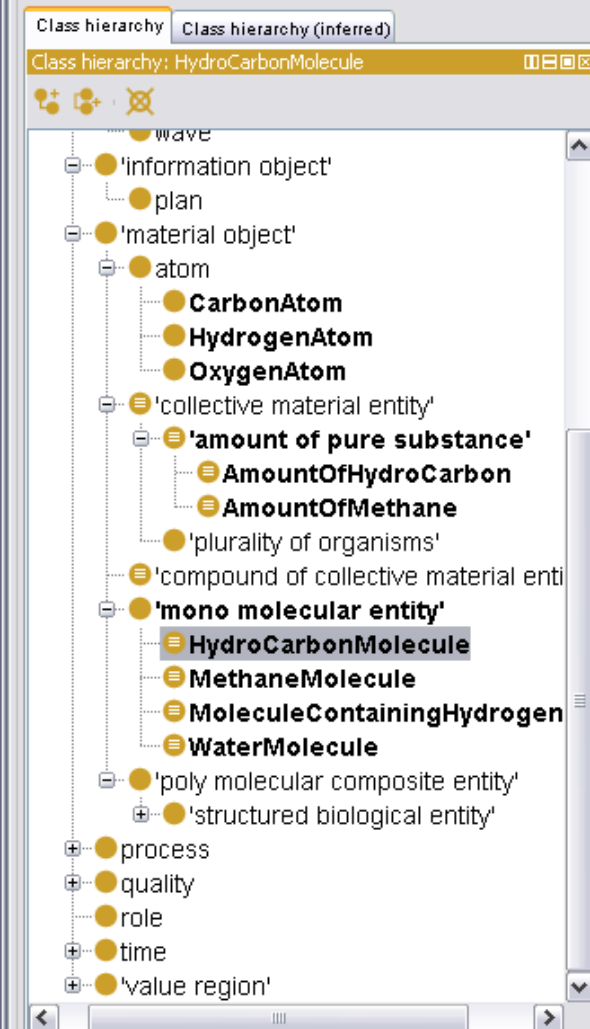
Superclasses +

Inherited anonymous classes

Individuals by type Annotation property hierarchy Databases

To use the reasoner click Reasoner->Start reasoner ☒ Show Inferences





Annotations +

Equivalent classes +

'mono molecular entity'
 and ('has component part' some CarbonAtom)
 and ('has component part' some HydrogenAtom)
 and ('has component part' only
 (CarbonAtom
 or HydrogenAtom))

Superclasses +

Inherited anonymous classes

'bearer of' some 'physical mass'