

Logische Grundlagen für die Computerlinguistik

Dr. Michael Herweg
Institut für Computerlinguistik
Universität Heidelberg
Wintersemester 2015/2016

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Gebraucht die Zeit, sie geht so schnell von hinnen,
Doch Ordnung lehrt Euch Zeit gewinnen.
Mein teurer Freund, ich rat' Euch drum
Zuerst Collegium logicum.
Da wird der Geist Euch wohl dressiert,
In spanische Stiefeln eingeschnürt,
Dass er bedächtiger so fortan
Hinschleiche die Gedankenbahn,
Und nicht etwa, die Kreuz und Quer',
Irrlichteliere hin und her

Mephisto, Faust

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Womit beschäftigt sich die Logik?

Einführung in die Logik - 1

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

Fische können logisch denken

Stanford - Logik beansprucht die Menschheit gern für sich allein. Nach landläufiger Meinung ist sie ein Hauptunterscheidungsmerkmal zwischen Mensch und Tier. Jetzt zeigen Wissenschaftler der Universität von Stanford jedoch, dass sogar Fische, nicht gerade die Superhirne des Tierreichs, die Grundzüge der Logik beherrschen.

In der Studie, die heute in der Fachzeitschrift „Nature“ veröffentlicht wird, untersuchten die Forscher das Verhalten von Buntbarschen der Art *Astatotilapia burtoni*, die im afrikanischen Tanganjikasee heimisch sind. Die Biologen machten sich für die Versuche zunutze, dass die Männchen oft Territorialkämpfe gegeneinander austragen. Sie vermuteten, dass es für die Buntbarsche vorteilhaft wäre, die Stärke von potenziellen Gegnern einzuschätzen.

Insbesondere interessierte die Wissenschaftler, ob die Fische den hierarchischen Status eines Geg-

ners vorhersagen könnten. Um das zu testen, ließen sie vor den Augen eines Versuchsfisches verschiedene Buntbarsche miteinander kämpfen. Dann sollte der Versuchsfisch einen von zwei Gegnern aussuchen. Erstaunt stellten die Forscher fest: Selbst wenn der Beobachterfisch keinen Kampf zwischen den zwei Barschen direkt gesehen hatte, konnte er aus den Kämpfen mit anderen Fischen folgern, welcher der beiden der Schwächere war. Aus dieser Information können die Buntbarsche mental eine Hierarchie der potenziellen Gegner konstruieren und suchen sich dann zum Kampf den leichteren Kontrahenten aus.

Die Fähigkeit, aus einzelnen Erfahrungswerten ein kohärentes logisches Gefüge zu erstellen, wird transitive Inferenz genannt. Kinder erlernen diese Fähigkeit erst mit vier Jahren. Im Tierreich wurde sie schon bei Affen, Ratten und Vögeln nachgewiesen. *hb*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

**Schlussfolgern:
Das ist doch logisch! - Ist das logisch?**

- *Yuri hasst Mathematik.*
- *Mathematik hat mit Formeln zu tun.*
- *Logik hat ebenfalls mit Formeln zu tun.*
- *Also hasst Yuri Logik.*

nein!

[nach M. Spies, Einführung in die Logik, 2004, p. ix]

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

**Schlussfolgern:
Das ist doch logisch! - Ist das logisch?**

- *Yuri hasst Mathematik, weil
Mathematik mit Formeln zu tun
hat.*
- *Logik hat ebenfalls mit Formeln
zu tun.*
- *Also hasst Yuri Logik.*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ...

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen

- Unter welchen Bedingungen kann von einer als wahr vorausgesetzten Aussage auf die Wahrheit anderer Aussagen geschlossen werden?

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen

- Unter welchen Bedingungen kann von einer als wahr vorausgesetzten Aussage auf die Wahrheit anderer Aussagen geschlossen werden?
 - *Maria studiert Computerlinguistik und Elena studiert Kunstgeschichte.*
 - ⇒ *Maria studiert Computerlinguistik.*
 - ⇒ *Elena studiert Kunstgeschichte.*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen

- Unter welchen Bedingungen kann von einer als wahr vorausgesetzten Aussage auf die Wahrheit anderer Aussagen geschlossen werden?
 - *Maria und Swetlana studieren Computerlinguistik.*
 - ⇒ *Maria studiert Computerlinguistik.*
 - ⇒ *Swetlana studiert Computerlinguistik.*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen

- Unter welchen Bedingungen kann von einer als wahr vorausgesetzten Aussage auf die Wahrheit anderer Aussagen geschlossen werden?
 - *Maria und Swetlana studieren Computerlinguistik.*
 - ⇒ *Maria studiert Computerlinguistik.*
 - ⇒ *Swetlana studiert Computerlinguistik.*

 - *Maria und Swetlana treffen sich vor dem Sprechzimmer.*
 - ⊄ *Maria trifft sich vor dem Sprechzimmer.*
 - ⊄ *Swetlana trifft sich vor dem Sprechzimmer.*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom **formal** korrekten Schließen
- Unter welchen Bedingungen kann von einer als wahr vorausgesetzten Aussage auf die Wahrheit anderer Aussagen geschlossen werden?
 - *Maria und Swetlana studieren Computerlinguistik.*
 - ⇒ *Maria studiert Computerlinguistik.*
 - ⇒ *Swetlana studiert Computerlinguistik.*
 - *Maria und Swetlana treffen sich vor dem Sprechzimmer.*
 - ≠ *Maria trifft sich vor dem Sprechzimmer.*
 - ≠ *Swetlana trifft sich vor dem Sprechzimmer*

kein logischer
Schluss!

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisches Schließen

- von den **Prämissen** zur **Konklusion** allein aufgrund der **logischen Ausdrücke** und der Struktur der Aussagen.
- (3) **P1:** *Wenn es regnet, dann ist die Straße nass.*
 P2: *Es regnet.*
 C: ⇒ *Die Straße ist nass.*
- (4) **P1:** *Wenn es grubelt, dann brabelt es.*
 P2: *Es grubelt.*
 C: ⇒ *Es brabelt.*

(Dieses schöne Beispiel habe ich bei Gerhard Brewka gefunden.)

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisches Schließen

➤ von den **Prämissen** zur **Konklusion** allein aufgrund der **logischen Ausdrücke** und der Struktur der Aussagen.

- (1) **P1:** *Alle Computerlinguisten sind Linguisten.*
P2: *Einige Computerlinguisten lernen Programmieren in Python.*
C: \Rightarrow *Einige Linguisten lernen Programmieren in Python.*
- (2) **P1:** *Alle Computerlinguisten sind Linguisten.*
P2: *Die meisten Computerlinguisten lernen Programmieren in Python.*
 \nRightarrow *Die meisten Linguisten lernen Programmieren in Python.*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisches Schließen

➤ von den **Prämissen** zur **Konklusion** allein aufgrund der **logischen Ausdrücke** und der Struktur der Aussagen.

- (1) **P1:** *Alle Computerlinguisten sind Linguisten.*
P2: *Einige Computerlinguisten lernen Programmieren in Python.*
C: \Rightarrow *Einige Linguisten lernen Programmieren in Python..*
- (2) **P1:** *Alle Computerlinguisten sind Linguisten.*
P2: *Die meisten Computerlinguisten lernen Programmieren in Python.*
 \nRightarrow *Die meisten Linguisten lernen Programmieren in Python.*

die meisten
ist kein rein
logischer Quantor

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisches Schließen

- Der folgende Schluss setzt Wissen über die Bedeutung der Sätze voraus und ist deshalb kein logischer Schluss:

(1) *Peter ist mein Bruder*
Also ist Peter mit mir verwandt.

- Ein logischer Schluss liegt erst vor, wenn das zusätzliche Wissen explizit gemacht wird:

(2) **P1:** *Wenn Peter mein Bruder ist, dann ist er mit mir verwandt.*
P2: *Peter ist mein Bruder*
C: \Rightarrow *Also ist Peter mit mir verwandt.*

(auch dieses Beispiel stammt von Gerhard Brewka.)

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen
 - » von den Wahrheitsbedingungen von Sätzen
- Unter welchen Bedingungen ist eine Aussage wahr?

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen
 - » von den Wahrheitsbedingungen von Sätzen
- Unter welchen Bedingungen ist eine Aussage wahr?
 - o *Auf dem Tisch liegt ein Schwamm.*
ist wahr genau dann, wenn ...

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Logik?

- Logik ist ... die Lehre
 - » vom formal korrekten Schließen
 - » von den Wahrheitsbedingungen von Sätzen
- Unter welchen Bedingungen ist eine Aussage wahr?
 - o *Auf dem Tisch liegt ein Schwamm.*
ist wahr genau dann, wenn ...

es in der beschriebenen Situation ein eindeutig identifizierbares Objekt gibt, auf das das Prädikat *Tisch* zutrifft, sowie ein Objekt, auf das das Prädikat *Schwamm* zutrifft, und sich das zweite Objekt in einer durch die Relation *liegen* charakterisierten Position in der oberen Kontaktregion des ersten Objekts befindet.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Schlussregeln und Wahrheitsbedingungen

- Schlussregeln und Wahrheitsbedingungen sind eng miteinander verknüpft: Eine Schlussregel ist nur gültig, wenn sich aus wahren Voraussetzungen (Hypothesen, Prämissen) immer wahre Schlussfolgerungen (Konklusionen) ergeben.
- Durch Anwendung von gültigen Schlussregeln schließt man von bestätigten Wahrheiten auf andere Wahrheiten.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Schlussregeln und Wahrheitsbedingungen

- Schlussregeln und Wahrheitsbedingungen sind eng miteinander verknüpft: Eine Schlussregel ist nur gültig, wenn sich aus wahren Voraussetzungen (Hypothesen, Prämissen) immer wahre Schlussfolgerungen (Konklusionen) ergeben.
 - Durch Anwendung von gültigen Schlussregeln schließt man von bestätigten Wahrheiten auf andere Wahrheiten.
 - Die Logik abstrahiert vom konkreten Inhalt einer Aussage und stellt **Beziehungen zwischen Aussagen nur aufgrund ihrer Struktur** her
- (3) (a) **P1:** *Alle Menschen sind Lebewesen.*
(b) **P2:** *Einige Menschen lesen Bücher.*
(c) **C:** \Rightarrow *Einige Lebewesen lesen Bücher.*
- (4) (a) **P1:** *Alle Menschen sind Lebewesen.*
(b) **P2:** *Die meisten Menschen lesen Bücher.*
(c) $\not\Rightarrow$ *Die meisten Lebewesen lesen Bücher.*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logische Grundlagen

Warum Logik in der (Computer-)Linguistik?

- Sprachliches Wissen beinhaltet das Wissen über die Bedingungen, unter denen eine Aussage wahr oder falsch ist:

❖ Wahrheitsbedingungen:

- *Alle Computerlinguisten besuchen einen Kurs zur Einführung in die Logik*
 - ist wahr, wenn ...

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logische Grundlagen

Warum Logik in der (Computer-)Linguistik?

- Sprachliches Wissen beinhaltet das Wissen über die Bedingungen, unter denen eine Aussage wahr oder falsch ist:

❖ Wahrheitsbedingungen:

- *Alle Computerlinguisten besuchen einen Kurs zur Einführung in die Logik*
 - ist wahr, wenn es für jede Person x , die CL ist, einen Logik-Einführungskurs y gibt, den x besucht.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logische Grundlagen

Warum Logik in der (Computer-)Linguistik?

- Sprachliches Wissen beinhaltet das Wissen über die Bedingungen, unter denen eine Aussage wahr oder falsch ist:

❖ Wahrheitsbedingungen:

- *Alle Computerlinguisten besuchen einen Kurs zur Einführung in die Logik*
 - ist wahr, wenn es für jede Person x, die CL ist, einen Logik-Kurs y gibt, den x besucht.
 - » M.a.W.: Es gibt kein x, das CL ist und für das es keinen Logik-Kurs y gibt, den x besucht.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logische Grundlagen

Warum Logik in der (Computer-)Linguistik?

- Sprachliches Wissen beinhaltet das Wissen über die Bedingungen, unter denen eine Aussage wahr oder falsch ist, sowie das Wissen über regelhafte Eigenschaften von und Beziehungen zwischen sprachlichen Ausdrücken (Widerspruch, Allgemeingültigkeit, Folgerung):

❖ Allgemeingültigkeit:

- *Wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich das Wetter oder es bleibt, wie es ist.*

❖ Widerspruch:

- *Wenn der Hahn kräht auf dem Mist, ändert sich das Wetter und es bleibt, wie es ist.*

❖ Folgerung:

- *Entweder hat mir Svetlana schon ihre Hausarbeit geschickt oder Maria hat mir ihre schon geschickt Maria hat mir ihre noch nicht geschickt ... Also hat mir Svetlana ihre Hausarbeit geschickt.*

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logische Grundlagen

Warum Logik-basierte Repräsentationsformalismen in der (Computer-)Linguistik?

- Mit den Mitteln der Logik lassen sich
 - Synonyme/Paraphrasen
 - Folgerungsbeziehungen
 - Bedeutungsgegensätze
 - Mehrdeutigkeiten
 - ...in der NL explizit machen

- **Paraphrasen** haben identische Wahrheitsbedingungen
 - (a) *Alle Wale sind Säugetiere.*
 - (b) *Wale sind Säugetiere.*
 - (c) *Jeder Wal ist ein Säugetier.*
 - (d) *Der Wal ist ein Säugetier.*
- Vorsicht: es kann Bedeutungsunterschiede jenseits der Wahrheitsbedingungen geben

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logik in der Computerlinguistik

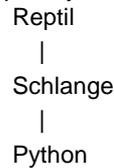
- **Logik-basierte Verfahren** sind wichtige Bestandteile zentraler **computerlinguistischer Anwendungen**:
 - Text Mining
 - Information Extraction
 - Question Answering
 - Summarization
 - Dialogue Systems
 - Semantic Web
 - spezifisches Wissensbasen, z.B. für bio-medizinische Anwendungen
 - ...
- Für diese Anwendungen werden **logik-basierte Terminologien & Ontologien** auf der Basis von sog. **Beschreibungslogiken** (Description Logics) entwickelt.
- In modernen Systemen werden häufig **qualitative (logik-/wissens-basierte)** und **quantitative (statistische)** Verfahren miteinander verbunden:
 - **qualitative** Verfahren für eng begrenzte Domänen mit klar definierbaren Inhalten
 - **quantitative** Verfahren für offene Domänen mit oft nicht eindeutig definierten Inhalten
 - Beispiel: IBM Watson™

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisch-semantische Relationen zwischen Wörtern

- ❖ Die Gültigkeit von logischen Schlussregeln wird rein formal, unter Absehung von spezifischen Inhalten, bestimmt.
- ❖ Schlussregeln, deren Gültigkeit auf diese Weise nachgewiesen wurde, können dann aber verwendet werden, um inhaltliche (semantische) Beziehungen zwischen Wörtern und Sätzen zu bestimmen und Inferenzen über diesen zu unterstützen:
 - *Jede Python ist eine Schlange.*
 - *Jede Schlange ist ein Reptil.*
 - *Jede Python ist ein Reptil.*

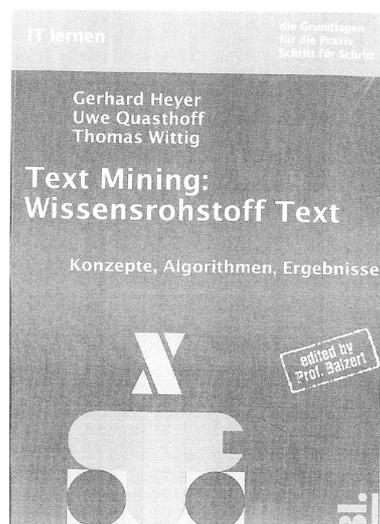
➤ Oberbegriff – Unterbegriff – Hierarchie (Hyperonym – Hyponym):



- ❖ Die Logik bietet somit einen Formalismus für die Repräsentation linguistischer (hier: semantischer) Phänomene und für Inferenzen über diesen.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisch-semantische Relationen in computerlinguistischen Anwendungen: Beispiel *Text Mining*



Die folgenden Beispiele sind entnommen aus:

Gerhard Heyer, Uwe Quasthoff, Thomas Wittig: *Text Mining: Wissensrohstoff Text. Konzepte, Algorithmen, Ergebnisse.* Herdecke/Bochum: W3L-Verlag 2006

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was ist Text Mining?

(Heyer et al. 2006:)

- Automatische semantische Analyse von Texten, die die Strukturierung großer Textmengen unterstützt und hilft, relevante, möglicherweise bislang verborgene Information aus Texten zu extrahieren.
 - Text Mining unterstützt beim Wissensmanagement:
 - Klassifikation und Zuordnung von Texten
 - effiziente und selektive Recherche
 - Aufbau von Glossaren und Thesauren
 - Strukturierung von Information
 - ...
 - Text Mining kombiniert statistische und musterbasierte Verfahren
 - statistisch: v.a. Differenzanalyse, Häufigkeiten, Kookkurrenzen, Clustering
 - musterbasiert: v.a. Named Entity Recognition (NER)
- Komplexe Anwendungen integrieren außerdem logikbasierte Terminologien / Ontologien (vgl. IBM Watson™)

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisch-semantische Relationen in computerlinguistischen Anwendungen: Beispiel Text Mining

Logische Relationen sind Sinnrelationen zwischen Wörtern, wie sie insbesondere in Bedeutungswörterbüchern oder Thesauren verwendet werden, also z.B. Synonymie (Bedeutungsgleichheit), Unterbegriffs- oder Oberbegriffsbeziehungen.

Logische Relationen erlauben die Ableitung **logischer Folgerungen**, wie sie in Form von Beschreibungslogiken formalisiert werden (vgl. /Baader et al. 03/).

Wenn Schlange ein Oberbegriff zu Python ist, dann sind alle Pythons Schlangen. Und wenn alle Schlangen Reptilien sind, dann sind auch alle Pythons Reptilien. Wenn alle Reptilien Eier legen, dann legen auch Pythons Eier.

Logische Folgerungen sind wahr und allgemeingültig unabhängig von der Interpretation des nicht-logischen Vokabulars (z.B. den Eigennamen und Prädikatsausdrücken). Im Umkehrschluss heißt dies, dass Folgerungen, bei denen eine bestimmte Interpretation des nicht-logischen Vokabulars erforderlich ist, in dem genannten Sinne *keine* logischen Folgerungen sind.

aus: Heyer et al. 2006: 39 f.

auch: Hyponyme - Hyperonyme

Ein Begriff A ist ein Unterbegriff eines Begriffs B, wenn die Extension von A eine echte Teilmenge der Extension von B ist.

Ein Begriff B ist ein Oberbegriff eines Begriffs A, wenn die Extension von A eine echte Teilmenge der Extension von B ist. Beispiele zu Oberbegriffen finden Sie in der Tab. 2.4-1.

Unterbegriff A	Oberbegriff B
Krypta	Grab
Datsche	Haus
Eisbär	Bär
Python	Schlange
Haschisch	Rauschgift
karminrot	rot
ultramarinblau	blau
bechern	trinken

Tab. 2.4-1: Beispiele für die Beziehung Unterbegriff – Oberbegriff.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisch-semantische Relationen in computerlinguistischen Anwendungen: Beispiel *Text Mining*

Je nach dem, zu welchem **Oberbegriff** ein Begriff in Beziehung gesetzt wird, kann ein Begriff **verschiedene Kohyponyme** haben. Wenn als Oberbegriff der Begriff »Haustiere« gewählt wird, so hat der Begriff »Hauskatze« die Kohyponyme »Hund« und »Meerschweinchen«, wenn aber als Oberbegriff »Raubtiere« gewählt wird, hat »Hauskatze« die Kohyponyme »Luchs« und »Tiger«.

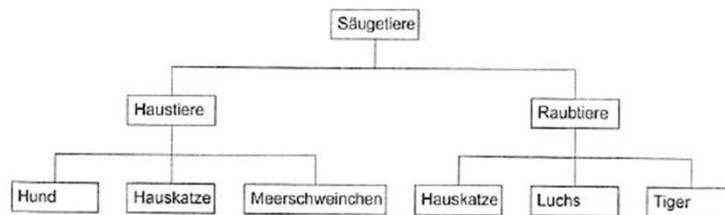


Abb. 2.4-1: Beispiel einer Begriffshierarchie.

aus: Heyer et al. 2006: 41

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisch-semantische Relationen in computerlinguistischen Anwendungen: Beispiel *Text Mining*

Zwei Begriffe sind **synonym**, wenn sie dieselbe Extension haben. Beispiele zu Synonymen finden Sie in der Tab. 2.4-2.

Begriff	Synonym
Pilot	Flugzeugführer
Streichholz	Zündholz
TV-Gerät	Fernseher
Abendstern	Venus
Heidelbeere	Blaubeere
Ziegenpeter	Mumps
Auto	Kfz

Tab. 2.4-2: Beispiele für Synonyme.

aus: Heyer et al. 2006: 42f

Zwei Begriffe A und B sind **Gegensätze**, wenn beide einen **gemeinsamen Oberbegriff C** haben und die Schnittmenge zwischen der Extension von A und der Extension von B leer ist. Beispiele zu Begriffsgegensätzen finden Sie in der Tab. 2.4-3.

Begriff	Gegensatz	Gemeinsamer Oberbegriff
Hund	Katze	Haustiere
Mann	Frau	Menschen
Hund	Computer	Freizeitbeschäftigungen
Vater	Kind	Familie
Vater	Mutter	Eltern

Tab. 2.4-3: Beispiele für Begriffsgegensätze und ihre Oberbegriffe.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisch-semantische Relationen in computerlinguistischen Anwendungen: Beispiel *Text Mining*

Komplementär-begriffe Zwei Begriffe A und B sind Komplementärbegriffe, wenn sie Gegensätze sind und das Komplement von A äquivalent zur Extension von B ist. Beispiele zu Komplementärbegriffen finden Sie in der Tab. 2.4-4.

Begriff A	Extension von A	Komplementär-begriff B	Gemeinsamer Oberbegriff
lebendig	lebende Wesen	tot	Körperzustand
Mann	Männer	Frau	erwachsene Menschen
ledig	unverheiratete Menschen	verheiratet	Ehestand
betrunken	Menschen, die Alkohol getrunken haben	nüchtern	Trunkenheit

Tab. 2.4-4: Beispiele für Extensionen, Komplementärbegriffe und Oberbegriffe.

aus: Heyer et al. 2006: 44

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logisch-semantische Relationen in computerlinguistischen Anwendungen: Beispiel *Text Mining*

Antonyme Antonyme sind Gegensätze, die nur in Bezug auf einen vorher definierten Begriff definiert sind. Antonyme werden in der Literatur auch als relative Gegensätze bezeichnet (vgl. /Lyons 77/). Beispiele zu Antonymen finden Sie in der Tab. 2.4-5.

Begriff	Antonym	Beispielhafter Bezug
groß	klein	Tiere
hell	dunkel	Licht
intelligent	dumm	Schachprogramm
schnell	langsam	Skiläufer

Tab. 2.4-5: Beispiele für Antonyme.

Begriff	Konversbegriff	Inhaltliche Relation
kaufen	verkaufen	Eigentumswechsel
links	rechts	Lage
Mutter	Töchter	Mutter-von-Tochter

Tab. 2.4-6: Beispiele für Konversbegriffe und inhaltliche Relationen.

aus: Heyer et al. 2006: 44f

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

**eine Übung zu logisch-semantischen Relationen:
logikbasierte Definitionen**

- Hyponyme / Hyperonyme: *Hund – Haustier*
 - Kohyponyme: *Katze – Hund, Katze – Wolf*
 - Synonyme: *Ziegenpeter – Mumps(*)*
Privileg - Vorrecht
 - Komplementärbegriffe: *lebendig – tot*
 - Antonyme: *groß – klein*
 - Konversen: *kaufen – verkaufen*
- formulieren Sie so präzise wie möglich logikbasierte bzw. 'logiknahe' Definitionen dieser Relationen

(*) 2 Studenten im WS 2013/14 haben auf die schönen Beispiele
Personenvereinzlungsanlage – Drehkreuz und
Einradzweihandreiseitenkipper – Schubkarre hingewiesen

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

**eine weitere Übung zu logisch-semantischen Relationen:
Bezeichnungen für Musikinstrumente**

- Violine, Viola, (Violon-)Cello, Bass, Gitarre, Trompete,
Posaune, Querflöte, Klavier, Schlagzeug, Computer, ...
- Begriffshierarchien (Hyponyme, Hyperonyme)
- Synonyme
- Kohyponyme
- ...

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

ein grundlegendes Problem in der CL: Mehrdeutigkeiten

Zum Scheinerwerb muss man eine Klausur schreiben oder ein Referat halten und eine Hausarbeit verfassen.

- (a) Zum Scheinerwerb muss man
(eine Klausur schreiben oder ein Referat halten)
und eine Hausarbeit verfassen.
- (b) Zum Scheinerwerb muss man eine Klausur
schreiben oder
(ein Referat halten und eine Hausarbeit verfassen).

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

ein grundlegendes Problem in der CL: Mehrdeutigkeiten

Jeder Student der CL muss ein Buch über Parsing lesen.

- (a) Für jeden Studenten der CL ist es Pflicht,
dass es ein Buch über Parsing gibt, das er liest.
- (b) Es gibt ein Buch über Parsing, das für
jeden Studenten der CL zu lesen Pflicht ist.

Alle Seminarteilnehmer haben nicht zugehört.

- (a) Für alle Seminarteilnehmer gilt, dass sie nicht
zugehört haben.
- (b) Nicht für alle Seminarteilnehmer gilt, dass sie
zugehört haben.

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

ein grundlegendes Problem in der CL: Mehrdeutigkeiten

An dem Empfang nehmen nur die Geschäftsführer der neuen Firmen teil.

... nur die **Geschäftsführer** der **neuen** Firmen
... nur die Geschäftsführer der **neuen** Firmen
... nur die **Geschäftsführer** der neuen Firmen

► s. Aufgabenblatt 1

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

ein grundlegendes Problem in der CL: Mehrdeutigkeiten

- Für solche **strukturelle Mehrdeutigkeiten** sind i.d.R. **skopustragende** Elemente verantwortlich:
 - ❖ Negation (wie *nicht*)
 - ❖ Quantoren (wie *alle, jede(r), einige, kein* [Q + Neg])
 - ❖ Fokus-Adverbien (wie *nur*)
 - ❖ ...

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

ein grundlegendes Problem in der CL: Mehrdeutigkeiten

- Für solche **strukturelle Mehrdeutigkeiten** sind i.d.R. **skopustragende** Elemente verantwortlich:
 - ❖ Negation (wie *nicht*)
 - ❖ Quantoren (wie *alle, jede(r), einige, kein* [Q + Neg])
 - ❖ Fokus-Adverbien (wie *nur*)
 - ❖ ...

- vgl. **lexikalische Mehrdeutigkeiten**:
 - ❖ Ich warte auf dich neben der Bank.
 - ❖ Das ist ein Rohling.
 - ❖ Er saß auf der Bank und zählte seine Kohle.(*)
 - ❖ Maria hat Swetlanas Buch verlegt.
 - ❖ Peters Freundin ist Verteidigerin.
 - ❖ Red Bull verleiht Flügel.

(*) Dieses schöne Beispiel habe ich von Wolfgang Stille und Chris Biemann (TU Darmstadt)

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Exkurs:

Ein Kernproblem der Sprachverarbeitung - Repräsentation und Verarbeitung von Mehrdeutigkeiten

- moderne Grammatiken mit großer Abdeckung weisen schon einfachen Sätzen eine große Zahl an Lesarten zu
 - *Als er wieder zurückkam, sah der 23jährige den BMW mit einem Unbekannten am Steuer entweichen.*
 - 552 syntaktische und ca. 35.000 semantische Lesarten in einem LFG-Parser des IMS Stuttgart

 - *But that would give us all Tuesday to be there.*
 - ca. 65.000 semantische Lesarten in der HPSG-Grammatik des CSLI Stanford (LinGO ERG - Linguistic Grammars Online English Resource Grammar; u.a. Verbmobil)

- Die Berechnung aller Lesarten ist teuer, da die Anzahl der Lesarten mit der Anzahl der Wörter exponentiell steigt.

Dr. Michael Herweg, Unterspezifikationsformalismen für die Semantik, Univ. Heidelberg

Was leistet die Logik?

- Die Logik ist ein Instrument zur Strukturierung komplexer Argumentationen und vermittelt so einen Prüfstein für Argumentationen.
- Die Logik rekonstruiert alltägliche und wissenschaftliche Vorgänge des Denkens und Schließens auf einer rein symbolischen Ebene, unter Abstraktion von allen Inhalten.
 - formale Sprache mit Lexikon, Syntax und Semantik



[nach M. Spies, Einführung in die Logik, 2004, p. ix]

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was leistet die Logik für die Computerlinguistik?

- Formale Ausdrücke der Logik haben
 - eine eindeutige Struktur (Syntax)
 - eine eindeutige Bedeutung (Semantik)
- Daher werden Ausdrücke entsprechend reichhaltiger Logiksprachen bevorzugt zur präzisen Darstellung linguistischer Analysen und Theorien verwendet.
- Computerlinguistische Implementierbarkeit von linguistischen Theorien setzt deren vollständige formale Beschreibung voraus. Hierzu werden entsprechend ausdrucksstarke Logiksysteme verwendet.



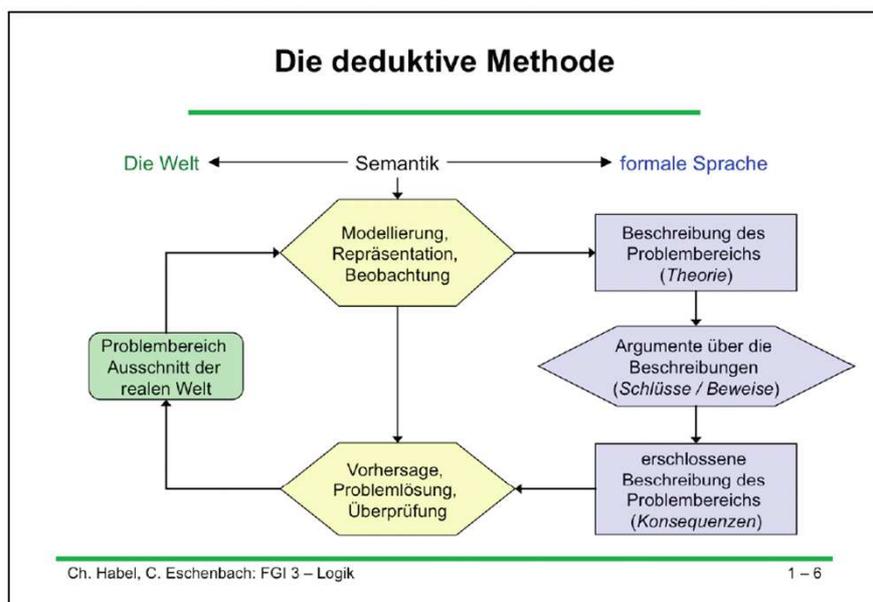
Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Was leistet die Logik für die Computerlinguistik?

- Zusammen mit der Mathematik bildet die Logik die **formalen Grundlagen der (Computer-)Linguistik**
- Mathematik und Logik stellen Symbolsysteme bereit, mittels derer in theoretisch-abstrakter Weise *Strukturen und Muster* bestimmter Objektbereiche der Realität modelliert werden können.
- Durch die Verwendung logischer und mathematischer Methoden und Techniken werden *formale Modellierungskompetenzen* erworben:
 - **Erfassung** eines Problems: Modellierung vor Implementierung
 - **Verständnis** der Grundlagen zahlreicher Techniken und Verfahren der Computerlinguistik (Parser, Transducers, reguläre Ausdrücke)
 - formale **Beweisbarkeit**:
 - **Mächtigkeit** eines Algorithmus oder einer Methode (Äquivalenz mit bekannten Verfahren)
 - **Komplexität** eines Problems (Rückführung auf elementare, bekannte Probleme)

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Die deduktive Methode



http://www.informatik.uni-hamburg.de/WSV/teaching/vorlesungen/Logik_WiSe12.shtml

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logik: Gegenstand und Zielsetzung

Was untersucht die Logik?

- **Schlüsse** und Argumente
 - insbesondere ihre formale Rechtfertigung
 - **Beweise** und ihre Struktur (oft als ‚Form‘ bezeichnet)
 - Kommunikation von Begründungszusammenhängen
 - Sprachen, in denen die Welt beschrieben werden kann, so dass
 - mit diesen Beschreibungen formal gerechtfertigt geschlossen werden kann
 - über diese Beschreibungen rational argumentiert werden kann
 - Theorien und ihre Konsequenzen
 - Vorhersagekraft einer Theorie
 - Bewertung der Theorie über die Bewertung ihrer Konsequenzen
- ➔ Eine spezifische Familie formaler Sprachen, bei der die **Bedeutung der Zeichenketten systematisch berechnet wird, und die deswegen, für das Lösen von Problemen semantisch gerechtfertigt eingesetzt werden können.**

FGI-1, Habel / Eschenbach

Kap 1. Einleitung [5]

http://www.informatik.uni-hamburg.de/WSV/teaching/vorlesungen/Logik_WiSe12.shtml

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Logik in der Informatik

in unseren Beispielen:
Begriffssysteme
(Hyponyme,
Synonyme etc.)

Logik als Werkzeug

- Formale Theorien der **Spezifikation** und **Korrektheit**
 - Verifikation von Software & Hardware
 - z.B. Umsetzung / Optimierung von Datenbankabfragen
- Grundlage von Berechnungen
 - Theorembeweisen/Deduktionssysteme: **Reasoning Services**
 - **Logik-Programmierung**: PROLOG

Logik als Beispiel einer formalen Sprache

zur Beschreibung / Repräsentation der Welt

- Künstliche Intelligenz, **Wissensrepräsentation und Wissensverarbeitung**, Bedeutung von Sprache und von Bildern
- **Datenbanken**, Formulierung und Prüfung von Integritätsbedingungen
- Informationssysteme und WWW: **Semantic Web, Ontologien**

Ch. Habel, C. Eschenbach: FGI 3 – Logik

1 – 4

http://www.informatik.uni-hamburg.de/WSV/teaching/vorlesungen/Logik_WiSe12.shtml

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Fahrplan für das Semester

- elementare Logik und Modelltheorie
 - Aussagenlogik (AL)
 - Lexikon
 - Syntax
 - Semantik
 - Prädikatenlogik 1. Stufe (PL-1)
 - Lexikon
 - Syntax
 - Semantik (Modelltheorie)
 - zur Vorbereitung: mathematische Grundlagen - Mengen, Relationen, Funktionen
 - **bitte Foliensatz 00 (Vorkurs Mathematische Grundbegriffe) bis zum 30.11.2015 selbstständig durcharbeiten**
 - Beschreibungslogik (Description Logic)
 - Unterschiede zur vollen PL-1
 - willkommene formale Berechenbarkeitseigenschaften (Entscheidbarkeit)

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Fahrplan für das Semester

- Ausblick: Erweiterungen der elementaren Logik (AL, PL-1) und höherstufige Logikformalismen
 - Erweiterungen von AL/PL-1:
 - Temporallogik
 - Modallogik
 - Bewertung von PL-1 als Formalismus für die semantische Verarbeitung
 - Stärken
 - Schwächen
 - Grundzüge höherstufiger Logikformalismen: Typenlogik (TL) und λ -Kalkül
 - warum höherstufige Formalismen?
 - Lexikon, Syntax und modelltheoretische Semantik

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg

Ziel der Vorlesung und Organisatorisches

- Einübung logischer Techniken und Methoden als Werkzeug für (computer-) linguistische Analysen, Beschreibungen und Implementierungen
- Leistungsnachweis durch Abschlussklausur (MO 01.02.2016)
- freiwillig, aber dringend empfohlen:
 - regelmäßige Übungsaufgaben
 - Tutorium FR 12:15
 - 2 Übungsklausuren (unbenotet)
- Seminarunterlagen im Web
<http://www.cl.uni-heidelberg.de/courses/ws15/logik/material>
- Literatur: keine weitere Pflichtlektüre; optionale Literatur s. Folien
- Kontakt: michael.herweg@gmx.de 0171 864 5766
- Tutor: Sven Feuchtmüller feuchtmueller@cl.uni-heidelberg.de

Dr. Michael Herweg, Einführung in die Logik, Univ. Heidelberg