

# Formale Semantik

## 01. Inferenz und Bedeutung

Roland Schäfer

Institut für Germanistische Sprachwissenschaft  
Friedrich-Schiller-Universität Jena

Folien in Überarbeitung. Englische Teile (ab Woche 7) sind noch von 2007!

Stets aktuelle Fassungen: <https://github.com/rsling/VL-Semantik>

- 1 Organisation
- 2 Schlussfolgern

- 3 Grundfragen
- 4 Programmatisches Schlussbild

# Organisation

Die folgenden drei Bücher sind die Grundlage des Seminars:

- Chierchia & McConnell-Ginet (2000) | GB-orientiert, nur die Kapitel von Chierchia
- Dowty u. a. (1981) | tolle Montague-Einführung von seinen Schülern
- Partee u. a. (1990) | wichtige Grundlagen (Algebra, Logik), viele Druckfehler

- [Bucher \(1998\)](#) | lesbare Logik-Einführung auf Deutsch
- [Carpenter \(1997\)](#) | prima Hardcore-Einführung mit Kategorialgrammatik
- [Gutzmann \(2019\)](#) | aktuelle Einführung auf Deutsch

# Seminarverlauf

- 1 9.10.2023 Diskussion: Wie schlussfolgern wir? Wie hängen unser Schlussfolgerungen mit Semantik zusammen?
- 2 26.10.2023 Referentielle Semantik (Folien 2)
- 3 02.11.2023 Mengen- und Funktionstheorie (Folien 3)
- 4 09.11.2023 Aussagenlogik (Folien 4)
- 16.11.2023 Ausfall wegen Dienstreise
- 5 23.11.2023 Prädikatenlogik (Folien 5)
- 6 30.11.2023 Quantifikation und modelltheoretische Semantik (Folien 6)
- 7 07.12.2023 Einfach getypte höherstufige  $\lambda$ -Sprachen (Folien 7)
- 8 14.12.2023 Intensionalität (Folien 8)
- 9 21.12.2023 Tempus und Modalität (Folien 9)
- 28.12.2023 Weihnachtsferien
- 04.01.2024 Weihnachtsferien
- 10 11.01.2024 Montagues intensionale Logik (Folien 10)
- 11 18.01.2024 *The Proper Treatment of Quantification in Ordinary English* (Montague 1973)
- 12 25.01.2024 *Generalized Quantifiers and Natural Language* (Barwise & Cooper 1981)
- 13 01.02.2024 *The Algebra of Events* (Bach 1986)
- 08.02.2024 Klausurenwoche/Einzelbesprechungen

Einheitlicher Inhalt für alle Modul- und Examensprüfungen:

- 1 eine oder zwei inhaltlichen Fragen zu den Themen der *Sprachphilosophie*

Die Liste der relevanten Texte wird rechtzeitig vor den Prüfungen eingeschränkt.

- 2 eine Logik-Aufgabe (natürliche Deduktion) – außer in mündlichen Prüfungen
- 3 eine Semantik-Aufgabe (kompositionale Modellierung eines Satzes)

Hausarbeiten nach Absprache.

„Wozu brauchen wir das denn?“

- Nicht zu leugnende logische Eigenschaften von Sprache
- Kleiner Einblick in deren technisch sehr aufwendige Beschreibung
- Wichtige Lernziele
  - ▶ Realistische Einschätzung eigener semantischer Intuitionen
  - ▶ Erkennen der Grenzen der Möglichkeiten von Logik in der Analyse von Sprache
  - ▶ Für zukünftige Forschende | Grundausbildung in formaler Semantik unabdinglich

## Schlussfolgern

# Was folgt logisch?

Fallen Ihnen logische Schlussfolgerungen aus diesen Aussagen ein?

- Das Semester hat begonnen.
- Olha hat einen sehr leichten ukrainischen Akzent.
- Entweder regnet es gerade, oder die Wasserleitung ist gebrochen.
- Es regnet, oder die Wasserleitung ist gebrochen. Es regnet seit zwei Stunden.
- Falls der Dänemark-Urlaub ausfällt, fahre ich eine Woche zu meinen Eltern.  
Der Dänemark-Urlaub fällt aus.
- Wenn es regnet, wird die Straße nass. Die Straße ist nicht nass.
- Es ist nicht der Fall, dass der WANG PC keine Festplatten unterstützt hat.

# Folgt B aus A?

- A: Ein blauer Renault fährt auf der A9 Richtung Berlin.  
B: Ein Renault fährt auf der A9 Richtung Berlin.
- A: Ich finde Geranien abstoßend.  
B: Ich habe schon mindestens einmal mindestens eine Geranie gesehen.
- A: Der WANG PC ist nicht IBM-kompatibel.  
B: Es existiert mindestens ein WANG PC.
- A: Alle Menschen sind intelligent.  
B: Horst Lichter ist intelligent.
- A: Krister hat mir seinen Volvo Amazon verkauft.  
B: Irgendjemand hat seinen Volvo Amazon verkauft.

# Folgt B aus A?

- A: Entweder regnet es, oder die Wasserleitung im Bad ist gebrochen, und die Wasserleitung im Bad ist gebrochen.  
B: Es regnet nicht.
- A: Michelle hat uns den Dobermann für eine Woche zur Pflege überlassen.  
B: Der Dobermann wurde uns für eine Woche zur Pflege überlassen.
- A: Jan glaubt, dass seine Sendung nicht abgesetzt wird.  
B: Jan glaubt nicht, dass seine Sendung abgesetzt wird.
- A: Falls Dr. Kohl jetzt wieder Kanzler der BRD ist, gibt es vermutlich jeden Tag Pfälzer Saumagen zum Dinner.  
B: Es gibt einen Kanzler der BRD.
- A: Ein Mensch betritt den Raum.  
B: Es gibt mindestens einen Menschen.
- A: Ein Mensch, der die Bibel gelesen hat, begeht im Durchschnitt nicht weniger Straftaten als andere.  
B: Es gibt mindestens einen Menschen.
- A: *We don't need no education.*  
B: Yes, you do! You just used a double negative.

# Folgt B aus A?

- A: Herr Keydana fährt einen Golf. Alles, was einen Golf fährt, ist entweder menschlich oder eine AI, die auf Deep Learning basiert. Es gibt keine AI, die auf Deep Learning basiert, die einen Golf fährt.  
**B: Es gibt mindestens einen Menschen.**
- A: Es gibt an der Uni Göttingen mindestens einen Dozenten, der einen Golf fährt. Götz ist Dozent an der Uni Göttingen und Radsportler. Sein Auto ist gerade in der Werkstatt. Jeder Dozent an der Uni Göttingen fährt entweder einen Golf oder ist kein Radsportler, falls sein Auto in der Werkstatt ist.  
**B: Götz fährt einen Golf.**

Versuchen Sie, eine Definition des Begriffs **logische Schlussfolgerung** zu geben.

Wann folgt eine Aussage aus einer oder mehreren anderen Aussagen?

Entspricht oft der „Alltagslogik“. Suche nach **spontan plausiblen Ursachen**.

- A: Der Verdächtige hat kein Alibi und ein Motiv.  
B: Der Verdächtige ist der Täter.
- Ich habe so einen komischen Husten, und die Infektionszahlen steigen wieder.  
B: Oh mein Gott, ich habe Covid!
- A: Es soll eine Impfpflicht eingeführt werden.  
B: George Soros und Bill Gates wollen uns Mikrochips einpflanzen.
- A: In Mikes Büro ist um 22 Uhr noch Licht.  
B: Mike bereitet seine Lehrveranstaltung für morgen vor.

Hochgradig gefährlich, weil nicht formalisierbar und sehr bequem.  
Gleichzeitig im Alltag unentbehrlich.

Die meisten „logischen“ Schlussfolgerungen von Vulkanieren sind im besten Fall Abduktionen.

Suche nach **allgemeingültigen Aussagen** aus Partikularereignissen.

- A<sub>1</sub>: Im Zentrum der Galaxis befindet sich ein supermassives schwarzes Loch.  
A<sub>2</sub>: Die Galaxis ist eine Galaxie.  
B: Im Zentrum jeder Galaxie befindet sich ein supermassives schwarzes Loch.
- A: Im Zentrum von 1200 Galaxien befindet sich ein supermassives schwarzes Loch.  
B: Im Zentrum jeder Galaxie befindet sich ein supermassives schwarzes Loch.
- A: Aus dieser Einmündung kam noch nie ein Auto von rechts.  
B: Aus dieser Einmündung wird in drei Sekunden kein Auto von rechts kommen.

„Besser“ als Abduktion, vor allem je mehr Partikularereignisse zugrundeliegen.  
Kann trotzdem gewaltig daneben gehen.

Spielt in der Wissenschaft eine große Rolle, aber ist fundamental nicht ausreichend.

Prämissen (egal, wo diese herkommen) und formale Schlussregeln

- A<sub>1</sub>: Götz ist ein Dozent an der Uni Göttingen.  
A<sub>2</sub>: Jeder Dozent an der Uni Göttingen ist ein Mensch.  
B: Götz ist ein Mensch.
- A<sub>1</sub>: Entweder (wurde die Welt von einem Gebrauchtwagenhändler erschaffen) oder (Rewe verkauft keine Weetabix).  
A<sub>2</sub>: Rewe verkauft keine Weetabix.  
B: Die Welt wurde von einem Gebrauchtwagenhändler erschaffen.

Nur Deduktion ist Logik. Nur darum geht es in diesem Semester.

Für die Logik menschlicher Sprache entfällt das Problem absurder Prämissen.

# Ganz trivial ist das nicht ...

A: Herr Keydana fährt einen Golf. Alles, was einen Golf fährt, ist entweder menschlich oder eine AI, die auf Deep Learning basiert. Es gibt keine AI, die auf Deep Learning basiert, die einen Golf fährt.

B: Es gibt mindestens einen Menschen.

Hier ist der Beweis (vgl. Woche 5):

1	$G(k)$	
2	$(\forall x)[(G(x) \rightarrow M(x) \vee A(x)]$	
3	$\neg(\exists y)[A(y) \wedge G(y)]$	$\vdash (\exists z)M(z)$
4	$(\forall y)\neg[A(y) \wedge G(y)]$	3, QN
5	$(\forall y)[\neg A(y) \vee \neg G(y)]$	4, DeM
6	$(\forall y)[G(y) \rightarrow \neg A(y)]$	5, Komm., Impl.
7	$G(k) \rightarrow \neg A(k)$	6, $\neg\forall(1)$
8	$\neg A(k)$	1, 7, MP
9	$G(k) \rightarrow M(k) \vee A(k)$	2, $\neg\forall(1)$
10	$M(k) \vee A(k)$	1, 9, MP
11	$M(k)$	8, 10, DS
12	$(\exists z)M(z)$	11, + $\exists$ ■

## Grundfragen

Die Bedeutung eines Ausdrucks ist ...

- ... die Idee, die er vermittelt
- ... die mentale Repräsentation, die er erzeugt
- ... was mit ihm bewirkt werden soll
- ... die Menge der Dinge, auf die er verweist

Semantik untersucht ...

- ... intellektuelle Konzepte, die überwiegend introspektiv erforschbar sind
- ... die kognitive Verarbeitung und Repräsentation von Bedeutung
- ... die Funktion von Ausdrücken in Kommunikationssituationen
- ... Beziehungen zwischen Ausdrücken und Objekten und  
die Art der Kombination von Ausdrücken zur komplexeren Ausdrücken

Es dreht sich alles um die Beziehung von Sprache zur Welt!

- Auf welche Klassen von Objekten referieren auf welche Klassen von Ausdrücken?
- Wann sind Sätze wahr? (auch als Phänomen der Referenz!)
- Wie verhält sich die logische Struktur von Sätzen zu ihrem Informationsgehalt?
- Wie können Sätze eindeutig interpretiert werden,  
auch wenn sie mehrere Lesarten haben?

- Was ist die „Bedeutung“ von Wörtern und Sätzen jenseits ihrer Referenz?
- Wie verarbeitet das Gehirn Bedeutungen?
- Wie sind Diskurse strukturiert?

## Programmatisches Schlussbild

Sind Sie nun kognitiver Linguist,  
der sich für (probabilistische) **mentale Kategorien** interessiert,  
oder glauben Sie daran,  
dass Sprache **unabhängig vom Menschen logische Eigenschaften** hat?

Beides gleichzeitig geht ja nun wirklich nicht!

## Kognition

- basierend auf Ähnlichkeiten von wahrgenommenen Objekten
- optimiert für schnelle Mustererkennung **in allen Bereichen**
- unscharfe Klassenbildung und Segmentierung der Ontologie
- parallele Verarbeitung (meistens mehrere Areale beteiligt)

## Symbolische Systeme

- diskrete Symbole, wohldefinierte Semantik
- scharf getrennte Klassen von Symbolen
- eindeutige Referenz auf ontologische Objekte
- intrinsische (nicht emergente) logische Eigenschaften  
(Axiomatik, Schlussregeln usw.)
- sequentielle Verarbeitung/statische Deklaration  
(z. B. Python oder PROLOG; parallele Verarbeitung immer linearisierbar)

Klassisches kognitives Modell: **Prototypentheorie** (Rosch 1973)

Diskretes Symbol: **Vogel** ... und demgegenüber ...

Graduelles kognitives Konzept basierend auf Ähnlichkeiten/Prototypen:



Die ewige Schwachsinnfrage: Sind Kiwis und Pinguine nun **Vögel** oder nicht?

Nur getoppt von: Erdbeeren sind gar keine Beeren, sondern Sammelnussfrüchte.

- Kognition | **intrinsisch nicht diskret**, sondern ähnlichkeitsbasiert und **parallel**
  - ▶ Netzwerkarchitektur
- Symbole = Phone, Morphe, Wörter, Phrasen, ... | **intrinsisch** diskret und **linear**
  - ▶ **akustisches** Medium | Sagen Sie mal zwei Wörter gleichzeitig!
  - ▶ **schriftliches** Medium | Lesen Sie mal Zettels Traum!
- Da wir nur akustisch oder über schriftliche Artefakte kommunizieren können, **muss das Sprachsystem symbolisch sein**.
- Da es architekturbedingt nur nicht-symbolisch verarbeiten kann, **muss das Gehirn symbolische Systeme so gut wie nötig und möglich emulieren**.

Auch nicht-verschriftete Sprache muss medial bedingt logische Eigenschaften haben.  
Kulturell bilden sich stärker symbolische Modi aus, vor allem durch Schrift.

Norm, Selbst- und Fremdkorrektur, Textplanung, intensionale Definitionen, Explizierung, ...

Warum wird das vor allem im Kontext von Schule, Fremdsprache und Bildungssprache diskutiert?

(= spontane Sprachproduktion)

weniger symbolische Eigenschaften



mehr symbolische Eigenschaften

(= reflektierte Sprachproduktion)

informelle Alltagssprache

formelle Alltagssprache

Bildungssprache

Wissenschaftssprache

Orthosprache

formales System

# Und was ist denn nun mit Kiwis und Pinguinen?

Unser Verständnis der Welt führt zu genaueren und diskreten Kategorisierungen, wo dies nötig ist. Die Sprache folgt diesem Maß an Genauigkeit und Diskretetheit!



- Viele Missverständnisse in der Linguistik basieren darauf, dass das eben Gesagte nicht dem allgemeinen Forschungsprogramm zugrundeliegt.
- Die Doppelnatur von Sprache führt dazu, dass sowohl rein formale Linguistik und sogenannte kognitive Linguistik scheinbar erfolgreich sind.
- Im Prinzip läuft aber die Linguistik aktuell weitgehend ins Leere.
- Modelltheoretische Semantik beschreibt einen essentiellen Teil von Sprache!
- Sie modelliert logische Eigenschaften und den Bezug zur realen objektiven Welt.
- Ganz am Rande zu generativer AI ...
  - ▶ Erfolg | Sie modelliert völlig natürliche Grammatik.
  - ▶ ... also alle Grammatiker (inkl. Chomsky) bitte setzen!
  - ▶ Misserfolg | Sie weiß nichts über die Welt,  
es wirkt nur so wegen des immensen sprachlichen Inputs.
  - ▶ ... eine Art fancy Papagei.

- Bucher, Theodor. 1998. *Einführung in die angewandte Logik*. 2. Aufl. Bd. 2231 (Sammlung Göschen). Berlin: de Gruyter.
- Carpenter, Bob. 1997. *Type-logical semantics*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Chierchia, Gennaro & Sally McConnell-Ginet. 2000. *Meaning and grammar: An introduction to semantics*. 2. Aufl. Cambridge, MA: MIT Press.
- Dowty, David R., Robert E. Wall & Stanley Peters. 1981. *Introduction to Montague semantics*. Dordrecht: Kluwer.
- Gutzmann, Daniel. 2019. *Semantik: Eine Einführung*. Stuttgart: Metzler.
- Partee, Barbara, Alice ter Meulen & Robert E. Wall. 1990. *Mathematical methods in linguistics*. Dordrecht: Kluwer.
- Rosch, Eleanor. 1973. Natural categories. *Cognitive Psychology* 4(3), 328–350.

## Kontakt

Prof. Dr. Roland Schäfer

Institut für Germanistische Sprachwissenschaft

Friedrich-Schiller-Universität Jena

Fürstengraben 30

07743 Jena

<https://rolandschaefer.net>

[roland.schaefer@uni-jena.de](mailto:roland.schaefer@uni-jena.de)

## Creative Commons BY-SA-3.0-DE

Dieses Werk ist unter einer Creative Commons Lizenz vom Typ *Namensnennung - Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Deutschland* zugänglich. Um eine Kopie dieser Lizenz einzusehen, konsultieren Sie

<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/de/> oder wenden Sie sich brieflich an Creative Commons, Postfach 1866, Mountain View, California, 94042, USA.