

Logik

WiSe 2018/19

Prof. Dr. Thomas Schneider
 AG Theorie der künstlichen Intelligenz
 Cartesium, Raum 1.56
[ts\[at\]informatik.uni-bremen.de](mailto:ts[at]informatik.uni-bremen.de)

Homepage der Vorlesung:
<http://tinyurl.com/ws1819-logic>

Zeit und Ort:

Mo 10–12 MZH 5210
 Di 8–10 MZH 1090

Vortragender:

Thomas Schneider
 Cartesium Raum 1.56
 Tel. (218)-64432
[ts\[at\]informatik.uni-bremen.de](mailto:ts[at]informatik.uni-bremen.de)

Position im Curriculum:

Wahlbereich Bachelor-Basis
 Modulbereich Theorie
 Master-Profile SQ und KIKR

Organisatorisches

Voraussetzungen:

- Grundkenntnisse aus den Vorlesungen
- „Mathematische Grundlagen 1“ und
 - „Theoretische Informatik 1+2“
 (v. a. Berechenbarkeit und Komplexität; Skript in Stud.IP)

Form:

K4
 3 Termine Vorlesung, 1 Termin Übung (mehr dazu gleich)
 Diskussion in Vorlesung **jederzeit erwünscht!**

Vorlesungsmaterial:

- Folien und Aufgabenblätter auf Homepage:
<http://tinyurl.com/ws1819-logic>
- Beispiele, Beweise etc. an der Tafel (**mitschreiben!**)
 (sind auch als PDF auf Homepage)
- Fragebögen zur Aktivierung (geplant, ab nächster Sitzung)

Literatur

Große Teile nachzulesen in:

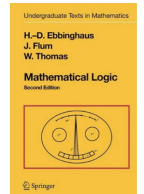
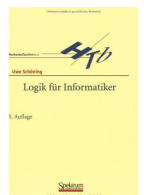
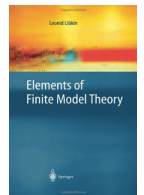
- Erich Grädel. Mathematische Logik I.
 Vorlesungsskript, RWTH Aachen,
<http://tinyurl.com/ss16-logic-graedel>

Logik zweiter Stufe:

- Leonid Libkin. Elements of Finite Model Theory.
 Springer Verlag, 2004

Weitere Referenzen:

- Uwe Schöning. Logik für Informatiker.
 Spektrum akademischer Verlag, 2000 (5. Auflage).
- Christel Baier. Advanced Logics. VL-Skript, TU Dresden.
- Heinz-Dieter Ebbinghaus, Jörg Flum, Wolfgang Thomas.
 Mathematical Logic. Springer Verlag, 1994 (2. Auflage).



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 ...

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)
 - ggf. im WiSe 2019/20 erneute Teilnahme am Übungsbetrieb (wenn der/die Dozent_in das anbietet)

Wenn dies bereits Deine Wiederholung ist ...

- Erneute Teilnahme am Übungsbetrieb ist möglich, mit Prüfungsform Übungsaufgaben+Fachgespräch (und ggf. 1 Wiederholungsversuch im selben Semester)
- Übungspunkte aus früheren Semestern werden **nicht** anerkannt
- Bei Nutzung früherer eigener Lösungen: Quellenangabe erforderlich

Termine

Terminübersicht Übungen (geplant):

Blatt	Erscheinen (geplant)	Abgabe	Besprechung, Übungstermin
1	Di. 16. 10.	Do. 25. 10.	Di. 30. 10.
2	Do. 25. 10.	Do. 8. 11.	Di. 13. 11.
3	Do. 8. 11.	Do. 22. 11.	Di. 27. 11.
4	Do. 22. 11.	Do. 6. 12.	Di. 11. 12.
5	Mo. 10. 12.	Do. 10. 1.	Mo. 14. 1.
6	Do. 10. 1.	Do. 24. 1.	Mo. 28. 1.

- Blätter erscheinen auf Homepage der Vorlesung
- Abgabe per PDF, Upload in Stud.IP (separater Ordner, bis 23:59 Uhr)

Vorlesung: Ausfall am 29.10.

Logik



Ursprünge der Logik

Traditionell ist die Logik ein Teilgebiet der Philosophie und Mathematik:

Philosophie:

Lehre des vernünftigen Schlussfolgerns,
geht zurück auf Aristoteles (≈300 a. D.)

Klassisches Beispiel: **Syllogismen**

Alle Menschen sind sterblich
Sokrates ist ein Mensch

Sokrates ist sterblich

Jedes P ist auch ein Q
 x ist ein P

 x ist ein Q

Seit dem 20. Jh. ein elaboriertes und vielfältiges Teilgebiet der Philosophie
Ziel: Abstrakte und formale Behandlung philosophischer Fragestellungen

Ursprünge der Logik

Traditionell ist die Logik ein Teilgebiet der Philosophie und Mathematik:

Mathematik:

Logik spielt zentrale Rolle für die Grundlagen der Mathematik

Klassisches Beispiel: die **Peano-Axiome** für die natürlichen Zahlen
(formuliert in der Logik zweiter Stufe)

- $0 \in \mathbb{N}$
- $\forall n \in \mathbb{N} : \exists n' \in \mathbb{N} : n' = nf(n)$
- $\forall n \in \mathbb{N} : nf(n) \neq 0$
- $\forall n \forall m \in \mathbb{N} : (nf(n) = nf(m) \rightarrow n = m)$
- $\forall X : (0 \in X \wedge \forall n : (n \in X \rightarrow nf(n) \in X)) \rightarrow \mathbb{N} \subseteq X$

Aus diesen Grundannahmen lassen sich alle Eigenschaften der natürlichen Zahlen herleiten.

Logik in der Informatik

Logik ist eine der wichtigsten mathematischen Grundlagen der Informatik

Von essentieller Bedeutung z. B. für:

- Datenbanken und semistrukturierte Daten (XML)
- Verifikation von Hard- und Software
- Programmiersprachen
- Komplexitätstheorie
- Wissensrepräsentation / Künstliche Intelligenz
- Automatisches Theorembeweisen
- etc.

Logische Methoden haben die Entwicklung der Informatik entscheidend mitbestimmt.

Umgekehrt ist heute die Informatik eine der größten Triebkräfte hinter der Weiterentwicklung der Logik.

Fallbeispiel 1: Datenbanken

SQL-Anfragebeantwortung kann als Logikproblem verstanden werden

Im Folgenden: **FO** = Prädikatenlogik erster Stufe

- SQL-Anfragen sind im Wesentlichen **FO-Formeln**
- SQL-Datenbankinstanzen sind **FO-Strukturen**
- SQL-Anfragebeantwortung entspricht **Modellprüfung** in FO

Slogan: **SQL ist Logik**

Diese Sichtweise hat die Entwicklung und den Erfolg von relationalen Datenbanken entscheidend mitgeprägt.

(Ted Codd, System R am IBM Almaden Research Center 1960'er–70'er)

Fallbeispiel 2: Verifikation

Verifikation: nachweisen, dass ein Chip / Programm eine gewünschte Spezifikation erfüllt (z. B. keine Division durch 0, keine Deadlocks)

Verifikation basiert in der Regel auf Logik:

- Chip / Programm kann als (endliche oder unendliche) **logische Struktur** modelliert werden
- Spezifikation kann als logische **Formel** modelliert werden, z. B. in einer Temporallogik wie LTL oder CTL
- Verifikation entspricht dann wieder **Modellprüfung**

Verifikation ist heutzutage ein zentrales Thema im Chipdesign und wird auch für Software zunehmend wichtiger.

Logik hat dieses wichtige Teilgebiet der Informatik entscheidend geprägt

Fallbeispiel 3: Komplexitätstheorie

Bekanntestes offenes Problem der theoretischen Informatik:

Ist $P \neq NP$?

Klassische Definition NP:

Menge der Probleme, die von einer nichtdeterministischen Turingmaschine in Polynomialzeit gelöst werden können.

Alternative, aber äquivalente Definition:

Menge der Probleme, die mittels einer **Formel** der existentiellen Logik zweiter Stufe **definiert** werden können.

Dies erlaubt das Studium von P und NP **mit logischen Methoden**, komplett **ohne Turingmaschinen oder andere Berechnungsmodelle** (**Deskriptive Komplexitätstheorie**)

Ziele der Vorlesung

Einführung der grundlegenden logischen Formalismen

insbesondere Aussagenlogik und Prädikatenlogik 1. und 2. Stufe

Formulierung und Beweis der zentralen Resultate der Logik

insbesondere zu Schlussfolgerungsproblemen, Ausdrucksstärke und anderen Informatik-relevanten Themen

Herstellung von Querbezügen zu anderen Teilgebieten der Informatik

insbesondere zu Datenbanken, Verifikation und Komplexitätstheorie

Übersicht der gesamten Vorlesung

Einführung



Teil 1: Aussagenlogik

Teil 2: Prädikatenlogik Grundlagen

Teil 3: Mehr zur Prädikatenlogik erster Stufe

Teil 4: Prädikatenlogik zweiter Stufe