Komputationale Metaphysik[1]

Christoph Benzmüller, Alexander Steen, Max Wisniewski

Zentraler Lehrpreis der FU Berlin — Preisverleihung am 11. April 2016

[1] Unterstützt durch DFG BE 2501/9-1/2 (Heisenberg Stip.) und BE 2501/11-1 (Sachbeihilfe Leo-III)

Metaphysik und Komputationale Metaphysik

Freie Universität Berlin

Metaphysik: *Grunddisziplin der Philosophie*, die ...

... über das *Wesen alles Seienden* reflektiert

... versucht, die Grenzen der erfahrbaren Wirklichkeit zu überwinden

Flammarions Holzstich – in L'atmosphère, Paris 1888.

Sucht Antworten auf *letzte Fragen*:

- Warum gibt es Seiendes?
- Was ist das Sein des Seienden?
- Was kann ich wissen?
- Ursprung/Sinn unserer Existenz?
- Gibt es einen Gott?
- usw.

Methode: Rationales Argumentieren

Metaphysik und Komputationale Metaphysik

Metaphysik: *Grunddisziplin der Philosophie*, die ...

... über das *Wesen alles Seienden* reflektiert

... versucht, die Grenzen der erfahrbaren Wirklichkeit zu überwinden

Flammarions Holzstich – in L'atmosphère, Paris 1888.

Sucht Antworten auf *letzte Fragen*:

- Warum gibt es Seiendes?
- **Was ist das Sein des Seienden?**
- Was kann ich wissen?
- Ursprung/Sinn unserer Existenz?
- **Gibt es einen Gott?**
- usw.

Methode: **Rationales Argumentieren**

Freie Universität Berlin

Metaphysik: *Grunddisziplin der Philosophie*, die ...

... über das *Wesen alles Seienden* reflektiert

... versucht, die Grenzen der erfahrbaren Wirklichkeit zu überwinden

Flammarions Holzstich – in L'atmosphère, Paris 1888.

Sucht Antworten auf *letzte Fragen*:

- Warum gibt es Seiendes?
- **Was ist das Sein des Seienden?**
- Was kann ich wissen?
- Ursprung/Sinn unserer Existenz?
- **Gibt es einen Gott?**
- usw.

Methode: **Rationales Argumentieren**

Komputationale Metaphysik:

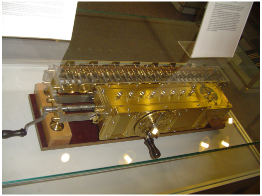
Im **Leibniz-Jahr 2016** (300 Jahre nach dem Tod des Universalgenies) lassen wir uns diesen Begriff durch Gottfried Wilhelm Leibniz selbst erklären: ***Calculemus!***

Leibniz' Vision: *Calculemus!*

Freie Universität Berlin

"Quo facto, quando orientur controversiae, non magis disputatione opus erit inter duos philosophos, quam inter duos Computistas. Sufficiet enim calamos in manus sumere sedereque ad abacos, et sibi mutuo . . . dicere: calculemus." (Leibniz, 1684)

Leibniz (1646–1716)



Rechenmaschine

Streitende Philosophen klären Disput durch Formalisierung und mechanische Beweisführung

Ontologischer Gottesbeweis — eine lange Tradition

Für und Wider

. . . Anselm v. C. Gaunilo . . . Th. Aquinas . . . . . . Descartes Spinoza Leibniz . . . Hume Kant . . . Hegel . . . Frege . . . Hartshorne Malcolm Lewis Plantinga Gödel . . .

Anselms Definition von Gott (Proslogion, 1078):

“Gott ist das, über das hinaus nichts gedacht werden kann.”

Kurt Gödel’s Definition von Gott:

“Gott besitzt alle positiven Eigenschaften.”

Zu zeigen durch rationales Argumentieren:

“Gott existiert.”

Freie Universität Berlin

. . . Anselm v. C. Gaunilo . . . Th. Aquinas . . . . . . Descartes Spinoza Leibniz . . . Hume Kant . . . Hegel . . . Frege . . . Hartshorne Malcolm Lewis Plantinga Gödel . . .

Anselms Definition von Gott (Proslogion, 1078):

"Gott ist das, über das hinaus nichts gedacht werden kann."

Kurt Gödel's Definition von Gott:

"Gott besitzt alle positiven Eigenschaften."

Zu zeigen durch rationales Argumentieren:

"Notwendigerweise existiert Gott."

Gödel's Manuscript: 1930's, 1941, 1946-1955, 1970

Ontologischer Beweis — Feb 10, 1970

$P(\varphi)$ — φ is positive (or $\varphi \in P$)

At. 1 $P(\varphi).P(\psi) \supset P(\varphi.\psi)$ — At 2 $P(\varphi) \vee P(\sim\varphi)$

Df 1 $G(x) \equiv (\varphi)[P(\varphi) \supset \varphi(x)]$ (God)

Df 2 $\varphi \text{ Ess. } x \equiv (\psi)[\psi(x) \supset N(y)[\varphi(y) \supset \psi(y)]]$ (Essence of x)

$p \supset_N q = N(p \supset q)$ — Necessity

At 2 $P(\varphi) \supset NP(\varphi)$, $\sim P(\varphi) \supset N\sim P(\varphi)$ — because it follows from the nature of the property

Th. $G(x) \supset G \text{ Ess. } x$

Df. $E(x) \equiv (\varphi)[\varphi \text{ Ess } x \supset N\, \exists x\, \varphi(x)]$ — necessary Existence

Ax 3 $P(E)$

Th. $G(x) \supset N(\exists y)\, G(y)$

hence $(\exists x)G(x) \supset N(\exists y)G(y)$

" $M(\exists x)G(x) \supset MN(\exists y)G(y)$ — M = possibility

" $\supset N(\exists y)G(y)$

any two essences of x are nec. equivalent

exclusive or • and for any number of summands

$M(\exists x)G(x)$ means the system of all pos. prop. is compatible. This is true because of:

At 4: $P(\varphi).\varphi \supset_N \psi : \supset P(\psi)$ which impl

~~[illegible]~~ $x = x$ is positive

~~[illegible]~~ $x \neq x$ is negative

But if a system S of pos. prop. were incom It would mean, that the sum prop. s (which is positive) would be $x \neq x$

Positive means positive in the moral aesth. sense (independently of the accidental structure of the world). Only then the ax. true. It may also mean pure "attribution"* as opposed to "privation" (or containing privation). This interpret. simpler proof

If φ pos. not: $(x)\, N\sim\varphi(x)$. Otherwise: $\varphi(x) \supset_N x \neq x$ hence $x \neq x$ positive so $x = x$ neg. contrary Ax [illegible] or the exist. of pos. prop.

* i.e. the disj. normal form in terms of elem. prop. contains a member without negation.

Axiom A1 Entweder eine Eigenschaft oder ihre Negation ist positiv: $\forall\phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

Axiom A2 Eine Eigenschaft, die notwendigerweise durch eine positive Eigenschaft impliziert wird, ist positiv: $\forall\phi.\forall\psi.\ (P(\phi) \wedge \Box\forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

Theorem T1 Positive Eigenschaften kommen möglicherweise einer existenten Entität zu: $\forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \Diamond\exists x.\phi(x)$

Definition D1 Eine *gottähnliche Entität* besitzt alle positiven Eigenschaften: $G(x) = \forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \phi(x)$

Axiom A3 Die Eigenschaft, gottähnlich zu sein, ist positiv: $P(G)$

Korollar C Möglicherweise existiert Gott $\Diamond\exists x.G(x)$

Axiom A4 Positive Eigenschaften sind notwendigerweise positiv: $\forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

Definition D2 Eine Eigenschaft ist *Essenz* einer Entität, falls sie der Entität zukommt und notwendigerweise alle Eigenschaften der Entität impliziert: $\phi\ ess\ x = \phi(x) \wedge (\forall\psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box\forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$

Theorem T2 Gottähnlichkeit ist Essenz jeder gottähnlichen Entität: $\forall x.\ G(x) \rightarrow G\ ess\ x$

Definition D3 Eine Entität *existiert notwendigerweise*, wenn all ihre Essenzen notwendigerweise in einer existenten Entität realisiert sind: $NE(x) = \forall\phi.\ \phi\ ess\ x \rightarrow \Box\exists y.\phi(y)$

Axiom A5 Notwendigerweise zu existieren ist eine positive Eigenschaft: $P(NE)$

Theorem T3 Notwendigerweise existiert Gott: $\Box\exists x.G(x)$

Dana Scott's Version von Gödel's Gottesbeweis

Axiom A1 Entweder eine Eigenschaft oder ihre Negation ist positiv: $\forall \phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

Axiom A2 Eine Eigenschaft, die notwendigerweise durch eine positive Eigenschaft impliziert wird, ist positiv: $\forall \phi. \forall \psi.\ (P(\phi) \land \Box \forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

Theorem T1 Positive Eigenschaften kommen möglicherweise einer existenten Entität zu: $\forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \Diamond \exists x. \phi(x)$

Definition D1 Eine *gottähnliche Entität* besitzt alle positiven Eigenschaften: $G(x) = \forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \phi(x)$

Axiom A3 Die Eigenschaft, gottähnlich zu sein, ist positiv: $P(G)$

Korollar C Möglicherweise existiert Gott $\Diamond \exists x. G(x)$

Axiom A4 Positive Eigenschaften sind notwendigerweise positiv: $\forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

Definition D2 Eine Eigenschaft ist *Essenz* einer Entität, falls sie der Entität zukommt und notwendigerweise alle Eigenschaften der Entität impliziert: $\phi\ ess\ x = \boxed{\phi(x) \land} (\forall \psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box \forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$

Theorem T2 Gottähnlichkeit ist Essenz jeder gottähnlichen Entität: $\forall x.\ G(x) \rightarrow G\ ess\ x$

Definition D3 Eine Entität *existiert notwendigerweise*, wenn all ihre Essenzen notwendigerweise in einer existenten Entität realisiert sind:

Axiom A5 Notwendige

Theorem T3 Notwendige

Unterschied zu Gödel (der den Konjunkt vermeided)

Dana Scott's Version von Gödel's Gottesbeweis

Axiom A1 Entweder eine Eigenschaft oder ihre Negation ist positiv: $\forall \phi.\, P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

Axiom A2 Eine Eigenschaft, die notwendigerweise durch eine positive Eigenschaft impliziert wird, ist positiv: $\forall \phi . \forall \psi.\, (P(\phi) \wedge \boxed{\Box \forall} x.\, \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

Theorem T1 Positive Eigenschaften kommen möglicherweise einer existenten Entität zu: $\forall \phi.\, P(\phi) \rightarrow \Diamond \exists x . \phi(x)$

Definition D1 Eine *gottähnliche Entität* besitzt alle positiven Eigenschaften: $G(x) = \forall \phi.\, P(\phi) \rightarrow \phi(x)$

Axiom A3 Die Eigenschaft, gottähnlich zu sein, ist positiv: $P(G)$

Korollar C Möglicherweise existiert Gott $\boxed{\Diamond \exists} x . G(x)$

Axiom A4 Positive Eigenschaften sind notwendigerweise positiv: $\forall \phi.\, P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

Definition D2 Eine Eigenschaft ist *Essenz* einer Entität, falls sie der Entität zukommt und notwendigerweise alle Eigenschaften der Entität impliziert: $\phi \text{ ess } x = \phi(x) \wedge (\forall \psi.\, \psi(x) \rightarrow \Box \forall y.\, \phi(y) \rightarrow \psi(y))$

Theorem T2 Gottähnlichkeit ist Essenz jeder gottähnlichen Entität: $\forall x.\, G(x) \rightarrow G \text{ ess } x$

Definition D3 Eine Entität *existiert notwendigerweise*, wenn all ihre Essenzen notwendigerweise in einer existen

Axiom A5 Notwendige

Theorem T3 Notwendige

Modale Operatoren werden verwendet.
Diese modellieren **Notwendigkeit** und **Möglichkeit**.

Axiom A1 Entweder eine Eigenschaft oder ihre Negation ist positiv: $\forall\phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

Axiom A2 Eine Eigenschaft, die notwendigerweise durch eine positive Eigenschaft impliziert wird, ist positiv: $\boxed{\forall\phi.\forall\psi.}\,(P(\phi) \wedge \Box\forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

Theorem T1 Positive Eigenschaften kommen möglicherweise einer existenten Entität zu:
$$\forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \Diamond\exists x.\phi(x)$$

Definition D1 Eine *gottähnliche Entität* besitzt alle positiven Eigenschaften:
$$G(x) = \boxed{\forall\phi.}\,P(\phi) \rightarrow \phi(x)$$

Axiom A3 Die Eigenschaft, gottähnlich zu sein, ist positiv: $P(G)$

Korollar C Möglicherweise existiert Gott $\Diamond\exists x.G(x)$

Axiom A4 Positive Eigenschaften sind notwendigerweise positiv: $\forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

Definition D2 Eine Eigenschaft ist *Essenz* einer Entität, falls sie der Entität zukommt und notwendigerweise alle Eigenschaften der Entität impliziert:
$$\phi\ ess\ x = \phi(x) \wedge (\forall\psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box\forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$$

Theorem T2 Gottähnlichkeit ist Essenz jeder gottähnlichen Entität: $\forall x.\ G(x) \rightarrow G\ ess\ x$

Definition D3 Eine Entität *existiert notwendigerweise*, wenn all ihre Essenzen notwendigerweise in einer existenten Entität realisiert sind:
$$NE(x) = \forall\phi.\ \phi\ ess\ x \rightarrow \Box\exists y.\ \phi(y)$$

Axiom A5 Notwendige

Theorem T3 Notwendige

Allaussagen über Eigenschaften

Axiom A1 Entweder eine Eigenschaft oder ihre Negation ist positiv: $\forall\phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

Axiom A2 Eine Eigenschaft, die notwendigerweise durch eine positive Eigenschaft impliziert wird, ist positiv: $\forall\phi.\forall\psi.\ (P(\phi) \wedge \Box\forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

Theorem T1 Positive Eigenschaften kommen möglicherweise einer existenten Entität zu: $\forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \Diamond\exists x.\phi(x)$

Definition D1 Eine *gottähnliche Entität* besitzt alle positiven Eigenschaften: $G(x) = \forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \phi(x)$

Axiom A3 Die Eigenschaft, gottähnlich zu sein, ist positiv: $P(G)$

Korollar C Möglicherweise existiert Gott $\Diamond\exists x.G(x)$

Axiom A4 Positive Eigenschaften sind notwendigerweise positiv: $\forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

Definition D2 Eine Eigenschaft ist *Essenz* einer Entität, falls sie der Entität zukommt und notwendigerweise alle Eigenschaften der Entität impliziert: $\phi\ ess\ x = \phi(x) \wedge (\forall\psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box\forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$

Theorem T2 Gottähnlichkeit ist Essenz jeder gottähnlichen Entität: $\forall x.\ G(x) \rightarrow G\ ess\ x$

Definition D3 Eine Entität *existiert notwendigerweise*, wenn all ihre Essenzen notwendigerweise in einer existenten Entität realisiert sind: $NE(x) = \forall\phi.\ \phi\ ess\ x \rightarrow \Box\exists y.\phi(y)$

Axiom A5 Notwendigerweise zu existieren ist eine positive Eigenschaft: $P(NE)$

Theorem T3 Notwendigerweise existiert Gott: $\Box\exists x.G(x)$

Dana Scott's Version von Gödel's Gottesbeweis — Demo

Axiom A1 $\forall\phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

Axiom A2

$$\forall\phi.\forall\psi.\ (P(\phi) \land \Box\forall x.\ \phi(x) \to \psi(x)) \to P(\psi)$$

Theorem T1

$$\forall\phi.\ P(\phi) \to \Diamond\exists x.\phi(x)$$

Definition D1

$$G(x) = \forall\phi.\ P(\phi) \to \phi(x)$$

Axiom A3 $P(G)$

Korollar C $\Diamond\exists x.G(x)$

Axiom A4 $\forall\phi.\ P(\phi) \to \Box P(\phi)$

Definition D2

$$\phi\ ess\ x = \phi(x) \land (\forall\psi.\ \psi(x) \to \Box\forall y.\ \phi(y) \to \psi(y))$$

Theorem T2 $\forall x.\ G(x) \to G\ ess\ x$

Definition D3

$$NE(x) = \forall\phi.\ \phi\ ess\ x \to \Box\exists y.\phi(y)$$

Axiom A5 $P(NE)$

Theorem T3 $\Box\exists x.G(x)$

Axiom A1 $\forall\phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

Axiom A2

$$\forall\phi.\forall\psi.\ (P(\phi) \wedge \Box\forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$$

Theorem T1

Definition D1

$$G(x) = \forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \phi(x)$$

Axiom A3 $P(G)$

Korollar C

Axiom A4 $\forall\phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

Definition D2

$$\phi\ ess\ x = \phi(x) \wedge (\forall\psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box\forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$$

Theorem T2

Definition D3

$$NE(x) = \forall\phi.\ \phi\ ess\ x \rightarrow \Box\exists y.\phi(y)$$

Axiom A5 $P(NE)$

Theorem T3 $\Box\exists x.G(x)$

Freie Universität Berlin

A1: $\forall \phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

A2: $\forall \phi.\forall \psi.\ (P(\phi) \wedge \Box\forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

D1: $G(x) = \forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \phi(x)$

A3: $P(G)$

A4: $\forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

D2: $\phi\ ess\ x = \phi(x) \wedge (\forall \psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box\forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$

D3: $NE(x) = \forall \phi.\ \phi\ ess\ x \rightarrow \Box\exists y.\phi(y)$

A5: $P(NE)$

T3: $\Box\exists x.G(x)$

Demo: Beweisassistenzsystem ISABELLE

A1: $\forall \phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

A2: $\forall \phi. \forall \psi.\ (P(\phi) \wedge \Box \forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

D1: $G(x) = \forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \phi(x)$

A3: $P(G)$

A4: $\forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

D2: $\phi\ ess\ x = \phi(x) \wedge (\forall \psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box \forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$

D3: $NE(x) = \forall \phi.\ \phi\ ess\ x \rightarrow \Box \exists y. \phi(y)$

A5: $P(NE)$

T3: $\Box \exists x. G(x)$

Demo: Beweisassistenzsystem Isabelle

Freie Universität Berlin

A1: $\forall \phi.\ P(\neg\phi) \leftrightarrow \neg P(\phi)$

A2: $\forall \phi . \forall \psi.\ (P(\phi) \wedge \Box \forall x.\ \phi(x) \rightarrow \psi(x)) \rightarrow P(\psi)$

D1: $G(x) = \forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \phi(x)$

A3: $P(G)$

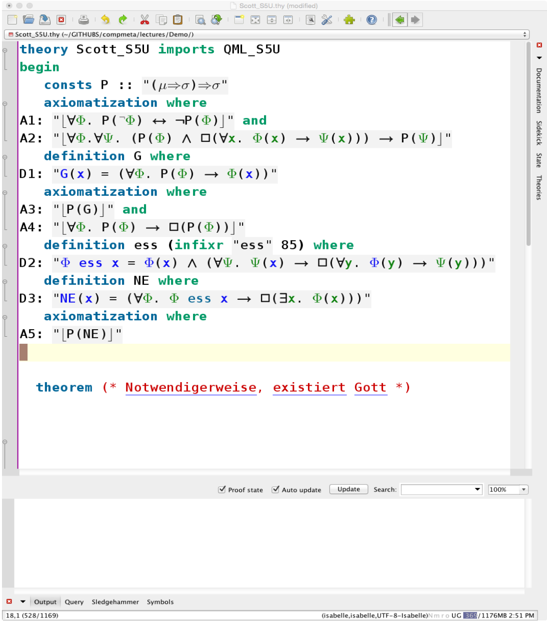
A4: $\forall \phi.\ P(\phi) \rightarrow \Box P(\phi)$

D2: $\phi\ ess\ x = \phi(x) \wedge (\forall \psi.\ \psi(x) \rightarrow \Box \forall y.\ \phi(y) \rightarrow \psi(y))$

D3: $NE(x) = \forall \phi.\ \phi\ ess\ x \rightarrow \Box \exists y . \phi(y)$

A5: $P(NE)$

T3: $\Box \exists x . G(x)$



Freie Universität Berlin

Eigene Vorarbeiten

- DFG BE 2501/9-1: Komputationale Metaphysik
- DFG BE 2501/9-2: Automatisches Schliessen in Expressiven Ontologien
- DFG BE 2501/11-1: Automatisierung von Logik Höherer Stufe

Relevante Resultate

- Universelle Technik zur Automatisierung ausdrucksstarker Logiken
- Exemplarische Anwendungen

Forschungsorientierte Motivation zur Veranstaltung

- Computer-gestützte Analyse rationaler Argumenten in Lehrveranstaltung
- Technik keineswegs beschränkt auf Gottesbeweise
- Weltweit erste Vorlesung zum Thema **Komputationale Metaphysik**

Übergeordnete Motivation

- Interdisziplinäre Logikausbildung: Informatik, Mathematik, Philosophie
- Überwindung der ungücklichen Randstellung in diesen Bereichen
- Zunehmende Industrienachfrage zum Thema Formale Methoden
- Wandelnder Beweisbegriff im 21. Jhd

Eigene Vorarbeiten

- DFG BE 2501/9-1: Komputationale Metaphysik
- DFG BE 2501/9-2: Automatisches Schliessen in Expressiven Ontologien
- DFG BE 2501/11-1: Automatisierung von Logik Höherer Stufe

Relevante Resultate

- Universelle Technik zur Automatisierung ausdrucksstarker Logiken
- Exemplarische Anwendungen

Forschungsorientierte Motivation zur Veranstaltung

- Computer-gestützte Analyse rationaler Argumenten in Lehrveranstaltung
- Technik keineswegs beschränkt auf Gottesbeweise
- Weltweit erste Vorlesung zum Thema **Komputationale Metaphysik**

Übergeordnete Motivation

- Interdisziplinäre Logikausbildung: Informatik, Mathematik, Philosophie
- Überwindung der ungücklichen Randstellung in diesen Bereichen
- Zunehmende Industrienachfrage zum Thema Formale Methoden
- Wandelnder Beweisbegriff im 21. Jhd

Freie Universität Berlin

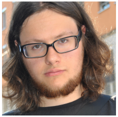
FU Berlin

Christoph Benzmüller

Alexander Steen

Max Wisniewski

Maximilian Claus



Hans-Jörg Schurr
(TU Wien)

Gastvorlesungen:

Jasmin Blanchette
INRIA Nancy

Bruno Woltzenlogel-Paleo
Australian National University

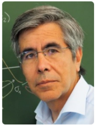
Edward Zalta
Stanford University

Wolfgang Lenzen
Universität Osnabrück

Institutionelle Verankerung meiner Arbeitsgruppe

FU Berlin, Fachbereich Mathematik und Informatik

Dahlem Center for Machine Learning and Robotics



Prof. Dr. Raul Rojas

PD. Dr. Christop Benzmüller

Prof. Dr. Daniel Göhring

Dr. Tim Landgraf

The Dahlem Center for Machine Learning and Robotics is a partnership of researchers in intelligent systems and artificial intelligence at Freie Universität Berlin. We are collaborating in the following research fields:

- neural networks and machine learning
- collective intelligence
- automated reasoning
- autonomous cars
- mobile robotics
- computer vision

Berlin Mathematical School (BMS)
Stanford University, Philosophy/CSLI

Struktur und Themen

1,2	Einführung und Logik-Auffrischung	Benzmüller
3	Höherstufige Logik (HOL)	Benzmüller
4,5	Tutorial: Beweisassistenzsystem Isabelle, etc.	Blanchette
	—Vorlesungspause mit vielen praktischen Übungen—	
6	Kurt Gödels Ontologischer Gottesbeweis	Benzmüller
7	Höherstufige Modale Logiken und deren Einbettung in HOL	Benzmüller
8	Gödel's Gottesbeweis auf dem Computer	Benzmüller
	—Vorlesungspause mit vielen praktischen Übungen (Start Gruppenarbeit)—	
9	Neuere Varianten des Gottesbeweises auf dem Computer	Woltzenlogel-Paleo
10	Automatisierung weiterer Logikformalismen	Woltzenlogel-Paleo/Benzmüller
11,12	Theorie der Abstrakten Objekte	Zalta
13,14	Mechanisierung der Theorie der Abstrakte Objekten	Benzmüller
15	Leibniz: Calculemus, Ontologischer Beweis und Unmögliche Objekte	Lenzen
16	Abschlussdiskussion: Wandelnder Beweisbegriff im 21. Jahrhundert?	Benzmüller

Struktur und Themen

1,2	Einführung und Logik-Auffrischung	Benzmüller
3	Höherstufige Logik (HOL)	Benzmüller
4,5	Tutorial: Beweisassistenzsystem ISABELLE, etc.	Blanchette
	—Vorlesungspause mit vielen praktischen Übungen—	
6	Kurt Gödels Ontologischer Gottesbeweis	Benzmüller
7	Höherstufige Modale Logiken und deren Einbettung in HOL	Benzmüller
8	Gödel's Gottesbeweis auf dem Computer	Benzmüller
	—Vorlesungspause mit vielen praktischen Übungen (Start Gruppenarbeit)—	
9	Neuere Varianten des Gottesbeweises auf dem Computer	Woltzenlogel-Paleo
10	Automatisierung weiterer Logikformalismen	Woltzenlogel-Paleo/Benzmüller
11,12	Theorie der Abstrakten Objekte	Zalta
13,14	Mechanisierung der Theorie der Abstrakten Objekte	Benzmüller
15	Leibniz: Calculemus, Ontologischer Beweis und Unmögliche Objekte	Lenzen
16	Abschlussdiskussion: Wandelnder Beweisbegriff im 21. Jahrhundert?	Benzmüller

Zielgruppe

Masterstudierende der Informatik, Mathematik und Philosophie

Grobziele

Die Studierenden erwerben wertvolle Kenntnisse über ...

- die vielfältigen Einsatzgebiete von formaler Logik
- die Idee einer Komputationalen Metaphysik
- Beweisbegriff und Argumentbegriff
- moderne Beweisassistenzsysteme
- Schnittstellen/Synergien zwischen Informatik, Mathematik und Philosophie
- ...

Thematisch zugeschnittene Übungsaufgaben (Teil 1 und 2 der LV)

- Zu Beginn: Aufgaben mit Papier und Bleistift (Einzelarbeit)
- ISABELLE-Formalisierungen (Einzel- und Gruppenarbeit)

Selbstorganisierte Gruppenprojekte (Teil 3 der LV)

- Formalisierung von aktuellen Forschungspublikationen
  - u.a. zu neueren Varianten des Gottesbeweises
- Ziel: Formal verifizierte Ergebnisberichte der Projekte

Intensive Betreuung bzw. Rückmeldung

- Diskussion der Aufgaben im Tutorium / Beratung durch Tutoren
- **Blended Learning** durch Dialog mit ISABELLE
- **E-Assessment** durch automatisierte Analyse der ISABELLE-Formalisierungen
  Tool: *DOMjudge* (ein 'Jury'-System für Programmierwettbewerbe)
- Diskussion mit Kommilitonen in der Gruppenarbeitsphase
- ggf. Publikationsberatung für Gruppenarbeitsergebnisse

Prüfung: mündliche Prüfung (Projektpräsentation/Befragung)

Lehr- und Lernmethoden, Arbeitsformen

Thematisch zugeschnittene Übungsaufgaben (Teil 1 und 2 der LV)

- Zu Beginn: Aufgaben mit Papier und Bleistift (Einzelarbeit)
- Isabelle-Formalisierungen (Einzel- und Gruppenarbeit)

Selbstorganisierte Gruppenprojekte (Teil 3 der LV)

- Formalisierung von aktuellen Forschungspublikationen
  - u.a. zu neueren Varianten des Gottesbeweises
- Ziel: Formal verifizierte Ergebnisberichte der Projekte

Intensive Betreuung bzw. Rückmeldung

- Diskussion der Aufgaben im Tutorium / Beratung durch Tutoren
- **Blended Learning** durch Dialog mit Isabelle
- **E-Assessment** durch automatisierte Analyse der Isabelle-Formalisierungen
  Tool: *DOMjudge* (ein 'Jury'-System für Programmierwettbewerbe)
- Diskussion mit Kommilitonen in der Gruppenarbeitsphase
- ggf. Publikationsberatung für Gruppenarbeitsergebnisse

Prüfung: mündliche Prüfung (Projektpräsentation/Befragung)

Webseite zur Veranstaltung

Freie Universität Berlin

http://www.inf.fu-berlin.de/users/lex/lehre/compmeta/

Computational Metaphysics

www.inf.fu-berlin.de/users/lex/lehre/compmeta/

Lecture + Tutorial in Summer 2016

Computational Metaphysics

Freie Universität Berlin
Department of Mathematics and Computer Science
Institute for Computer Science

CONTACT INFORMATION
Christoph Benzmüller // c.benzmueller@fu-berlin.de
Alexander Steen // a.steen@fu-berlin.de
Max Wisniewski // m.wisniewski@fu-berlin.de

» GENERAL INFORMATION

Time April 18 - July 23, 2016, first lecture on tuesday, April 19
Dates Lectures on tuesday (16-18), irregular additional lecture dates on thursday (16-18), tutorial sessions on wednesday (14-16)
Rooms (1) Lectures: At Takustr. 9 ("Institut für Informatik"), room SR006 (seminar room, ground level -- also called T9/SR006).
Please look at the lecture schedule below for the exact rooms on each day!
Rooms (2) Tutorials: At Takustr. 9 ("Institut für Informatik"), rooms K38 and K48 (basement)
Target audience Advanced students of philosophy (within the '*Interdisziplinären Studienbereich*'), computer science (module '*Spezielle Aspekte der praktischen Informatik*' and '*Spezielle Aspekte der theoretischen Informatik*'), and mathematics (module '*Ausgewählte Forschungsthemen*')
Mailing list CompMeta@lists.fu-berlin.de (**Please subscribe to the mailing list**: Important announcements will be published there.)

The module is designed for approx. 30 students.

» NEWS

22.03.16: Due to room booking conflics, **the lecture will now take place at the institute of computer science** (Takustr. 9),mainly at seminar room SR006, please look at the detailed lecture schedule (below) for per-lecture room information.

15.02.16: A lot of literature resources have been added to this web site.

» LECTURE DESCRIPTION

English

Formal logic (and formal reasoning) constitutes an substantial role in philosophy, mathematics and computer science. Topics such as basic reasoning in propositional and (first-order) predicate logic are often dealt with in early lecture of the aforementioned study programs. Unfortunately, other core topics are often omitted. This lecture addresses