

Formale Grundlagen der Informatik 1

Kapitel 24

Zusammenfassung

Frank Heitmann
heitmann@informatik.uni-hamburg.de

11. Juli 2016

Überblick

Wir hatten die Sprachfamilien

- der regulären Sprachen (REG),
- der kontextfreien Sprachen (CF),
- der entscheidbaren Sprachen (REC) und
- der aufzählbaren Sprachen (RE).

Dabei gilt

- $REG \subsetneq CF \subsetneq REC \subsetneq RE$

Die entscheidbaren Probleme haben wir noch weiter bzgl. ihrer Komplexität unterteilt.

Der Automatenteil

Der Automatenteil ...

Reguläre Sprachen - Modelle

Die Sprachfamilie der regulären Sprachen wird erfasst von:

- deterministischen, endlichen Automaten (DFAs)
- nichtdeterministischen, endlichen Automaten (NFAs)
 - mit/ohne λ -Kanten
- reguläre/rationale Ausdrücke
- (rechts-)lineare Grammatiken

Reguläre Sprachen - Begriffe

Begriffe:

- Zustände, Eingabesymbole, Alphabet, Überföhrungsfunktion, Übergangsrelation, Startzustände, Endzustände,
- vollständig, initial zusammenhängend,
- Konfiguration, Rechnung, akzeptierte Sprache,
- deterministisch, nichtdeterministisch,
- Abschlusseigenschaften

Reguläre Sprachen - Verfahren

Techniken/Verfahren:

- Beweis, dass ein Automat eine Sprache akzeptiert (zwei Richtungen zu zeigen!)
- Techniken zum Konstruieren eines Automaten
- Potenzautomatenkonstruktion
- Verschiedene Konstruktionen, um Abschlusseigenschaften zu zeigen
- Pumping Lemma der regulären Sprachen

Kontextfreie Sprachen - Modelle

Die Sprachfamilie der kontextfreien Sprachen wird erfasst von:

- kontextfreien Grammatiken
- (nichtdeterministische Kellerautomaten)

Kontextfreie Sprachen - Begriffe

Begriffe bei Grammatiken:

- Nonterminale, Terminale, Produktionen, Startsymbol,
- Ableitung, erzeugte/generierte Sprache
- λ -Produktion

(Begriffe zum PDA)

- wie beim DFA/NFA

Kontextfreie Sprachen - Verfahren

Techniken/Verfahren:

- Beweis, dass eine Grammatik eine Sprache generiert (zwei Richtungen zu zeigen!)
- Techniken zum Konstruieren einer Grammatik
- Herstellung der Chomsky-Normalform
 - Technik zum Reduzieren (produktiv, erreichbar)
- Verschiedene Konstruktionen, um Abschlusseigenschaften zu zeigen
- Pumping Lemma der kontextfreien Sprachen

Entscheidbare und aufzählbare Sprachen - Modelle

Die Sprachfamilie der aufzählbaren Sprachen wird erfasst von:

- Turing-Maschinen
 - deterministische (DTMs)
 - nichtdeterministische (NTMs)
 - einseitig/beidseitig unendliches Band
 - mehrere Bänder
 - ...
- jedes Modell, das die intuitiv berechenbaren Funktionen erfasst (\Rightarrow Church-Turing-These)

Entscheidbare und aufzählbare Sprachen - Begriffe

Begriffe:

- Zustände, Eingabesymbole, Bandsymbole, Überföhrungsfunktion, Überföhrungsrelation, Startzustand, Endzustände, Symbol für das leere Feld,
- Konfiguration
- Schrittrelation, Rechnung, Erfolgsrechnung, akzeptierte Sprache
- (Turing-)berechenbar
- aufzählbar, entscheidbar

Entscheidbare und aufzählbare Sprachen - Verfahren

Techniken/Verfahren:

- TM konstruieren, die eine Sprache akzeptiert
- TM konstruieren, die eine Funktion berechnet
- TM konstruieren, die eine Sprache entscheidet
- Verschiedene Konstruktionen, um Abschlusseigenschaften zu zeigen
- Beweisen, dass ein Problem unentscheidbar ist

Komplexität - Begriffe

Die entscheidbaren Probleme werden weiter bzgl. ihrer Komplexität unterteilt. Begriffe:

- zeitbeschränkt, platzbeschränkt, Zeitbeschränkung, Platzbeschränkung
- Komplexitätsklassen
- P, NP, PSPACE, NPSPACE
- Church-Turing-These, erweiterte Church-Turing-These
- Landau- oder O-Notation
- Verifikationsalgorithmus (alternative Def. von NP)
- Reduktion
- NP-vollständig (NPC), NP-schwierig

Komplexität - Verfahren

Verfahren:

- Nachweis, dass ein Problem in NP ist
- Nachweis, dass ein Problem NP-vollständig ist

Was wir ausgelassen haben...

Ausgelassen/Nur kurz erwähnt haben wir...

- Kellerautomaten (PDAs) (nur skizziert)
 - Akzeptanz mit leerem Keller
 - Akzeptanz mit Endzustand
- deterministische Kellerautomaten (DPDAs)
- linear beschränkte Automaten (LBAs)
- kontextsensitive Grammatiken (Typ-1)

Anmerkung

Mit den letzteren beiden hätte man die Sprachfamilie der kontextsensitiven Sprachen (CS). Dies führt zu

- $\text{REG} \subsetneq \text{CF} \subsetneq \text{CS} \subsetneq \text{REC} \subsetneq \text{RE}$

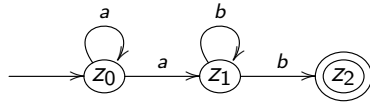
Eine Sprache, die in CS ist, nicht aber in CF ist $a^n b^n c^n$. Eine Sprache, die dann in REC ist, aber nicht in CS, ist der Äquivalenztest für reguläre Ausdrücke mit Exponenten.

Frage-Runde 1

Fragen ...

Frage 1

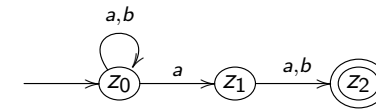
1. Gegeben sei der unten stehende NFA. Welche Sprache akzeptiert er?



- ① $a^n b^m, m > n$
- ② $a^n b^m, n > m$
- ③ $a^n b^m, n = m$
- ④ $a^n b^m, n \neq m$
- ⑤ $a^n b^m, n, m \geq 0$
- ⑥ $a^n b^m, n, m \geq 1$

Frage 2

2. Gegeben sei der folgende NFA:



Sei $\{z_0, z_1\}$ ein Zustand im Rahmen der Potenzautomatenkonstruktion. Was ist der Nachfolger dieses Zustandes beim Lesen von b ?

- ① $\{z_0, z_1\}$
- ② $\{z_1, z_2\}$
- ③ $\{z_0, z_1, z_2\}$
- ④ $\{z_0, z_2\}$
- ⑤ $\{z_2\}$
- ⑥ $\{z_1\}$

Frage 3

3. Sei

$$L = \{w \in \{0, 1\}^* \mid \text{auf jede 0 folgt sofort eine 1}\}$$

was ist der reguläre Ausdruck, der L beschreibt?

- ① $1^*(01^+)^*$
- ② $(0^*1^+)^*$
- ③ $(01)^*$
- ④ $(0^*1^+)^* + 1^*$
- ⑤ $0(1^+0)^* + 1^*$
- ⑥ Keiner davon

Frage 4

4. Sind die regulären Sprachen gegenüber Durchschnittsbildung abgeschlossen?

- ① Ja!
- ② Nein!
- ③ Nur eine Teilklasse!
- ④ Weiß ich nicht!

Frage 5

5. Welche der folgenden Aussagen gilt nach dem Pumping Lemma (im Setting des Pumping Lemmas):

- ① $uv^i w \in L, i > 0$
- ② $|uv| < n$
- ③ $uv^* w \in L$
- ④ $|v| > 1$
- ⑤ Keine davon!
- ⑥ Weiß ich nicht!

Frage 6

6. Wie viele Zerlegungen von z müssen (beim Pumping Lemma) betrachtet werden?

- ① Eine muss zum Widerspruch geführt werden!
- ② Alle Zerlegungen von z müssen zum Widerspruch gebracht werden!
- ③ Zerlegungen mit bestimmten Eigenschaften müssen zum Widerspruch gebracht werden!
- ④ Man muss eine Zerlegung mit bestimmten Eigenschaften finden und diese zum Widerspruch führen!

Frage 7

7. Was gilt für die Menge der Produktionen einer kontextfreien Grammatik?

- ① $P \subseteq (V^* \setminus V_T^*) \times V^*$
- ② $P \subseteq V_N \times V_T^*$
- ③ $P \subseteq (V^* \setminus V_N^*) \times V_T^*$
- ④ $P \subseteq V_N \times V^*$
- ⑤ $P \subseteq V_N \times V$
- ⑥ keine Ahnung...

Frage 8

8. Welche Sprache generiert folgende Grammatik?

$$S \rightarrow XY, X \rightarrow aXb \mid ab, Y \rightarrow cY \mid c$$

- ① $a^n b^m c^k, n, m, k \geq 1$
- ② $a^n b^m c^m, n, m, \geq 1$
- ③ $a^n b^n c^m, n, m \geq 1$
- ④ $a^n b^n c^n, n \geq 1$
- ⑤ $a^n b^n c^m, n < m$
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 9

9. Bei der Herstellung der Chomsky-Normalform (bzw. bei der Reduzierung einer Grammatik) welcher Schritt kommt zuerst erreichbar machen oder produktiv?

- ① Produktiv
- ② Erreichbar
- ③ Das ist egal
- ④ Was war noch mal was?
- ⑤ Weiß ich nicht

Frage 10

10. Sind die kontextfreien Sprachen gegenüber Durchschnittsbildung abgeschlossen?

- ① Ja!
- ② Nein!
- ③ Nur eine Teilklasse!
- ④ Weiß ich nicht!

Frage 11

11. Welche der folgenden Aussagen gilt nach dem Pumping Lemma (im Setting des Pumping Lemmas) für kontextfreie Sprachen:

- ① $uv^iwx^iy \in L, i \geq 0$
- ② $uvw^ix^iy \in L, i \geq 0$
- ③ $u^iv^jwxy \in L, i \geq 0$
- ④ $uv^jwx^iy \in L, i \geq 0$
- ⑤ $uv^jwxy^i \in L, i \geq 0$
- ⑥ Weiß ich nicht!

Frage 12

12. Ist jede reguläre Sprache entscheidbar?

- ① Ja
- ② Nein
- ③ Nur unter bestimmten Umständen
- ④ Weiß ich nicht

Frage 13

13. Ist jede kontextfreie Sprache entscheidbar?

- ① Ja
- ② Nein
- ③ Nur unter bestimmten Umständen
- ④ Weiß ich nicht

Frage 14

14. Sind die aufzählbaren Sprachen gegenüber Durchschnittsbildung abgeschlossen?

- ① Ja!
- ② Nein!
- ③ Nur eine Teilklasse!
- ④ Weiß ich nicht!

Frage 15

15. Sei E entscheidbar und X ein Problem, von dem sie noch nichts wissen. Gilt $X \leq_p E$, dann

- ① ist X unentscheidbar
- ② ist X entscheidbar
- ③ ist $X \in P$
- ④ ist X und E in P
- ⑤ Weiß ich nicht

Frage 16

16. Sei $L_1, L_2 \subseteq \{0, 1\}^*$ mit $L_1 \leq_p L_2$, dann gilt

- ① mit $L_1 \in NP$ auch $L_2 \in NP$.
- ② mit $L_2 \in NP$ auch $L_1 \in NP$.
- ③ mit $L_1 \in P$ auch $L_2 \in P$.
- ④ mit $L_2 \in P$ auch $L_1 \in P$.
- ⑤ keines davon

Frage 17

17. Sei $L \in NPC$. Dann ...

- ① ist $L \in P$ nicht möglich.
- ② folgt aus $L \in P$ sofort $NP = P$.
- ③ folgt aus $L \in P$ sofort $NP \neq P$.
- ④ ist $L \in NP$ nicht möglich.

Frage 18

18. Was ist zu tun, wenn man ein Problem als NP -vollständig nachweisen will?

- ① Das weiß ich!
- ② Ich will Hitzefrei!

Zur Nachbereitung

- ① 6
- ② 4
- ③ 1
- ④ 1
- ⑤ 3
- ⑥ 2 und 3
- ⑦ 4
- ⑧ 3
- ⑨ 1
- ⑩ 2

Zur Nachbereitung

Weitere Zählung hier mit +10, also Item 1 ist für die 11. Frage.

- ① 4
- ② 1
- ③ 1
- ④ 1
- ⑤ 2
- ⑥ 2 und 4
- ⑦ 2
- ⑧ Siehe Foliensatz 13, Folie 31.

Bemerkung zu den Fragen

Wichtige Anmerkung

In den Fragen eben fehlte oft die Variante: **Gegeben** eine Sprache, **konstruieren Sie dazu** einen Automaten / eine Grammatik / Für solche Aufgaben siehe die Sammlung klausurtypischer Aufgaben. Außerdem wird i.A. die **Behauptung zu begründen/beweisen** sein!

Der Logikteil

Der Logikteil ...

Überblick

Im Logikteil hatten wir

- Aussagenlogik
 - Syntax
 - Semantik
 - Folgerbarkeit und Äquivalenz
 - Normalformen
 - Hornformeln
 - Resolution
- Prädikatenlogik
 - Syntax
 - Semantik
 - (Folgerbarkeit und Äquivalenz)
 - Normalformen
 - Resolution

Aussagenlogik - Syntax

Zusammenfassung **Syntax**:

- Definition der Syntax:
 - Alphabet, Junktor
 - Aussagesymbol, atomare Formel, komplexe Formel
 - Hauptoperator, Teilformel
 - Negation, Disjunktion, Konjunktion, Implikation, Biimplikation
- Strukturbäume
- strukturelle Induktion
- strukturelle Rekursion
- Grad und Tiefe einer Formel

Aussagenlogik - Semantik

Zusammenfassung **Semantik**:

- Belegung, Auswertung (einer Formel)
- Wahrheitstabeln, Wahrheitswerteverlauf
- erfüllende Belegung, falsifizierende Belegung, Modell
- kontingent, (allgemein-)gültig, unerfüllbar
- Tautologie, Kontradiktion
- $\mathcal{A} \models F$, $\mathcal{A} \not\models F$, $\models F$, $F \models$

Aussagenlogik - Folgerbarkeit und Äquivalenz

Zusammenfassung **Folgerbarkeit und Äquivalenz**:

- Definition
- Nachweis mit Wahrheitstabeln
- Nachweis ohne Wahrheitstabeln
- Gegenbeispiel (mit und ohne Wahrheitstabeln)

Aussagenlogik - Normalformen

Zusammenfassung **Normalformen**:

- Literal, Klausel, duale Klausel, DNF und KNF
- Herstellung von DNF und KNF
 - durch Äquivalenzumformungen (basierend auf dem Ersetzbarkeitstheorem)
 - mit Wahrheitstabeln

Aussagenlogik - Verfahren

Die effiziente Berechnung von (Un-)Erfüllbarkeit rückte dann ins Zentrum. Folgerbarkeit und Äquivalenz sind darauf rückführbar.

- **Hornformeln**
 - *Einschränkung* der Aussagenlogik
 - Effizienter (Un-)Erfüllbarkeitstest
 - Markierungsalgorithmus
- **Resolution** (spezielles Ableitungsverfahren)
 - Resolvente, Resolutionssatz
 - Verfeinerungen (P-Resolution, N-Resolution, ...)

Prädikatenlogik - Syntax

Zusammenfassung **Syntax**:

- Definition der Syntax:
 - Alphabet, Junktor, Quantor, Hilfssymbole
 - Variablen, Konstante, Funktions- und Prädikaten-symbole, Aussagensymbole
 - Terme, atomare Formel, komplexe Formel
 - Hauptoperator, Teilformel, Teilterm
 - Quantorenvariable, Skopus
 - gebundene Variable, freie Variable
- strukturelle Induktion
- strukturelle Rekursion

Prädikatenlogik - Semantik

Zusammenfassung **Semantik**:

- Struktur, Universum, Interpretation
- Auswertung
- x -Variante
- weitere semantische Begriffe wie in der Aussagenlogik (insb. auch *Folgerbarkeit* und *Äquivalenz*)

Prädikatenlogik - Normalformen

Zusammenfassung **Normalformen**:

- Normalformen basierend auf Äquivalenz:
 - aussagenlogische Äquivalenzen übertragen
 - neue Äquivalenzen durch Quantoren
 - Gebundene Umbenennung von Variablen
 - Pränexform
- Normalformen basierend auf Erfüllbarkeitsäquivalenz:
 - Bindung freier Variablen
 - Skolemisierung
 - Klauselnormalform
- Umformen einer Formel in Klauselnormalform

Prädikatenlogik - Verfahren

Aufgrund der **Unentscheidbarkeit der Prädikatenlogik** kann es kein Verfahren wie in der Aussagenlogik geben, um (Un-)Erfüllbarkeit zu entscheiden (geschweige denn, dies effizient zu machen). Dennoch war es möglich ein Resolutionsverfahren einzuführen:

- **Resolution** (spezielles Ableitungsverfahren)
 - **Unifikationsalgorithmus**
 - Resolvente, Resolutionssatz
 - Verfeinerungen (P-Resolution, N-Resolution, ...)
 - Der Weg zur Resolution:
 - Herbrand-Universum, -Struktur, -Modell
 - Herbrand-Expansion
 - Algorithmus von Gilmore, Grundresolution

Was wir ausgelassen haben...

Ausgelassen/Nur kurz erwähnt haben wir...

- Endlichkeitssatz der Aussagenlogik
- Genauer Beweis der Unentscheidbarkeit der Prädikatenlogik
- Beweise im Rahmen der Herbrand-Theorie
- Beweis der Korrektheit des Unifikationsalgorithmus und der prädikatenlogischen Resolution

Frage-Runde 2

Fragen ...

Frage 1

1. Was ist in der folgenden Formel der Hauptoperator?

$$(A \Rightarrow B) \wedge C$$

- 1 A
- 2 \Rightarrow
- 3 B
- 4 \wedge
- 5 C
- 6 Weiß ich nicht

Frage 2

2. Was ist eine richtige Formulierung der Induktionsannahme?

- 1 Seien F und G Formeln.
- 2 Seien F und G Formeln, für die die Behauptung gilt.
- 3 Gelte die Behauptung für alle Formeln F und G .
- 4 Gelte die Behauptung für alle Formeln.
- 5 Keine davon
- 6 Weiß ich nicht

Frage 3

3. Sei T eine Tautologie, K eine Kontradiktion und F kontingent, dann ist

$$(T \wedge K) \Rightarrow F$$

- ① Tautologie
- ② Kontradiktion
- ③ allgemeingültig
- ④ erfüllbar
- ⑤ kontingent
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 4

4. Sei T eine Tautologie, K eine Kontradiktion und F kontingent, dann ist

$$F \Rightarrow (K \vee \neg F)$$

- ① Tautologie
- ② Kontradiktion
- ③ Kontingent
- ④ Tautologie oder Kontradiktion abhängig von F
- ⑤ Weiß ich nicht

Frage 5

5. Folgt F aus G , dann steht in der Wahrheitstafel ...

- ① bei F überall eine 0, wo G eine hat
- ② bei G überall eine 0, wo F eine hat
- ③ bei F überall eine 1, wo G eine hat
- ④ bei G überall eine 1, wo F eine hat
- ⑤ bei F und G überall an gleicher Stelle eine 1
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 6

6. Richtig oder falsch?

$$A \vee (B \wedge C) \equiv (A \wedge B) \vee (A \wedge C)$$

- ① Richtig!
- ② Falsch!
- ③ Weiß ich nicht

Frage 7

7. Will man zu F eine DNF machen, ist in der Wahrheitstafel was wichtig?

- ① Die Spalte von F
- ② Die Zeilen, in denen F zu 0 ausgewertet wird
- ③ Die Zeilen, in denen F zu 1 ausgewertet wird
- ④ Weiß ich nicht

Frage 9

9. $F \models G$ gilt genau dann, wenn ...

- ① $G \models F$
- ② $G \not\models F$
- ③ $F \equiv G$
- ④ $G \wedge \neg F \models$
- ⑤ $\models F \wedge \neg G$
- ⑥ $\neg G \wedge F \models$
- ⑦ $\models \neg F \wedge G$
- ⑧ Weiß ich nicht

Frage 8

8. Terminiert der Markierungsalgorithmus immer?

- ① Ja und stets mit korrekter Ausgabe
- ② Ja, aber manchmal hilft die Ausgabe nicht
- ③ Ja, aber manchmal mit fehlerhafter Ausgabe
- ④ Nein
- ⑤ Weiß ich nicht

Frage 10

10. Wie sieht die Resolvente von $\{A, \neg B, C\}$ und $\{B, C, \neg D\}$ aus?

- ① $\{A, \neg B, B, C, C, \neg D\}$
- ② $\{A, C\}$
- ③ $\{\neg D\}$
- ④ $\{A, C, \neg D\}$
- ⑤ $\{A, C\}, \{\neg D\}$
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 11

11. Wann gilt $\mathcal{A}_{[x/d]}(P(a, x)) = 1$?

- ① Wenn $P(a, x) = 1$
- ② Wenn $(a, x) \in P$
- ③ Wenn $(a, d) \in I(P)$
- ④ Wenn $(I(a), I(x)) \in I(P)$
- ⑤ Wenn $(I(a), d) \in I(P)$
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 12

12. Es gilt $\mathcal{A}(\forall x Q(f(x))) = 1$ genau dann, wenn ... ?

- ① für alle $x: f(x) \in Q$
- ② für alle $d \in U: f(d) \in I(Q)$
- ③ für alle $d \in U: f(d) \in \mathcal{A}_{[x/d]}(Q)$
- ④ für alle $x \in U: I(f)(x) \in I(Q)$
- ⑤ für alle $x \in U: I(f)(I(x)) \in I(Q)$
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 13

13. Sei

$$F = \forall x P(x) \vee Q(x)$$

Wenn sie gebunden Umbenennen, was entsteht?

- ① $\forall y P(y) \vee Q(y)$
- ② $\forall x P(x) \vee Q(y)$
- ③ $\forall y P(y) \vee Q(x)$
- ④ $\forall y P(y) \vee Q(z)$
- ⑤ Das geht hier nicht (kein \exists)
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 14

14. Sei

$$F = \forall x (P(x) \Rightarrow \neg(Q(a) \wedge \neg P(y)))$$

wir wollen das freie y binden. Was entsteht?

- ① $F = \forall x (P(x) \Rightarrow \neg(Q(a) \wedge \neg \exists y P(y)))$
- ② $F = \forall x (P(x) \Rightarrow \neg(Q(a) \wedge \exists y \neg P(y)))$
- ③ $F = \forall x (P(x) \Rightarrow \exists y \neg(Q(a) \wedge \neg P(y)))$
- ④ $F = \forall x \exists y (P(x) \Rightarrow \neg(Q(a) \wedge \neg P(y)))$
- ⑤ $F = \exists y \forall x (P(x) \Rightarrow \neg(Q(a) \wedge \neg P(y)))$
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 15

15. Was stimmt?

- ① $\forall x(P(x) \Rightarrow \neg \forall y Q(y)) \equiv \forall x(P(x) \Rightarrow \forall y \neg Q(y))$
- ② $\forall x(P(x) \Rightarrow \neg \forall y Q(y)) \equiv \forall x(P(x) \Rightarrow \exists y \neg Q(y))$
- ③ $\forall x(P(x) \Rightarrow \neg \forall y Q(y)) \equiv \forall x \exists y (P(x) \Rightarrow \neg Q(y))$
- ④ $\forall x(P(x) \Rightarrow \neg \forall y Q(y)) \equiv \forall x \forall y (P(x) \Rightarrow \neg Q(y))$
- ⑤ $\forall x(P(x) \Rightarrow \neg \forall y Q(y)) \equiv \exists y \forall x (P(x) \Rightarrow \neg Q(y))$
- ⑥ Weiss ich nicht

Frage 17

17. Sind $P(x)$, $P(y)$ und $P(f(y))$ unifizierbar?

- ① Ja, mit zunächst $[y/x]$ und dann $[x/f(y)]$
- ② Ja, mit zunächst $[x/y]$ und dann $[y/f(y)]$
- ③ Ja, mit $[y/x]$ und $[f(y)/x]$
- ④ Nein
- ⑤ Weiß ich nicht

Frage 16

16. Sei

$$F = \forall x \exists y \forall z \exists u P(x, u, z, y)$$

Wie sieht die Skolemisierung von F aus?

- ① $\exists y \exists u P(a, u, f(y), y)$
- ② $\exists y \exists u P(g(y, u), u, f(u), y)$
- ③ $\forall x \forall z P(x, g(x, z), z, f(x))$
- ④ $\forall x \forall z P(x, a, z, f(z))$
- ⑤ $P(a, h(a, f(a), g(a, f(a))), g(a, f(a)), f(a))$
- ⑥ Weiß ich nicht

Frage 18

18. Sind $\{P(y), P(f(x))\}$ und $\{\neg P(x)\}$ zur leeren Klausel resolvierbar?

- ① Ja
- ② Nein
- ③ Weiß ich nicht

Zur Nachbereitung

- 1 4
- 2 2
- 3 1
- 4 3
- 5 3 (und 2)
- 6 2
- 7 3
- 8 1
- 9 6
- 10 4

Zur Nachbereitung

Weitere Zählung hier mit +10, also Item 1 ist für die 11. Frage.

- 1 5
- 2 4 (aber (viel!) besser d statt x , um Verwirrungen zu vermeiden!)
- 3 3
- 4 5
- 5 2 und 3 (3 ist schöner)
- 6 3
- 7 4
- 8 1

Bemerkung zu den Fragen

Wichtige Anmerkung

Auch hier die Anmerkung: Meist wird es nötig sein, die eigenen **Behauptungen zu begründen/beweisen!**

Werbung

- Coq-Kurs
 - Mathematisches Argumentieren mit Coq als Hilfsmittel
 - 4.-8. und 10.-14. Oktober
 - 3 Credits, Klausur
 - Ansprechpartner: Maria Knobelsdorf (knobelsdorf(at)inf...) und Sebastian Böhne (boehne(at)uni-potsdam.de)
- Algorithmen und Datenstrukturen
- Algorithmik
- FGI2
- Weiteres bei der neu entstehenden Arbeitsgruppe ALGO und weiteren Arbeitsgruppen ...

Schwierigkeit im Automatenteil

Im Automatenteil fiel mir am schwersten:

- 1 Endliche Automaten konstruieren und Korrektheit beweisen
- 2 Grammatiken konstruieren und Korrektheit beweisen
- 3 Turingmaschinen konstruieren und Korrektheit beweisen
- 4 Pumping Lemma für reguläre Sprachen
- 5 Pumping Lemma für kontextfreie Sprachen
- 6 Abschlusseigenschaften beweisen
- 7 Chomsky-Normalform herstellen
- 8 Unentscheidbarkeit nachweisen
- 9 NP-vollständigkeit nachweisen

Schwierigkeit im Logikteil

Im Logikteil fiel mir am schwersten:

- 1 Strukturelle Induktion
- 2 Folgerbarkeit und/oder Äquivalenz
- 3 Beweise zu Semantik, Folgerbarkeit usw.
- 4 Herstellung der KNF/DNF
- 5 Markierungsalgorithmus
- 6 Aussagenlogische Resolution
- 7 Prädikatenlogische Semantik
- 8 Herstellung der Klauselnormalform
- 9 Prädikatenlogische Resolution

Klausurvorbereitung

Zur Klausurvorbereitung:

- **Stoff wiederholen...**
 - **Skript + Buch/Bücher**
 - Folien (und Lecture2Go-Videos)
 - Erstellt euch eine Zusammenfassung mit allen wichtigen Begriffen, Verfahren etc. Wichtig ist, dass ihr so was selber macht. Es geht nicht darum, dass einer von euch das macht und an alle verteilt. Selber machen hat den wichtigen Lerneffekt!
- **... und viel(e) Aufgaben rechnen!**
 - Aufgabenzettel
 - **klausurtypischen Aufgaben** (sind online)
 - Ggf. weitere Aufgaben aus Büchern
 - eigene Aufgaben ausdenken ist auch sehr gut!

Ende...

