

Automatentheorie und ihre Anwendungen

Einführung

Wintersemester 2018/19 Thomas Schneider

AG Theorie der künstlichen Intelligenz (TdKI)

<http://tinyurl.com/ws1819-autom>

2018-10-15

Einführung

Automatentheorie und ihre Anwendungen
Einführung

Wintersemester 2018/19 Thomas Schneider

AG Theorie der künstlichen Intelligenz (TdKI)

<http://tinyurl.com/ws1819-autom>

8:15

Einführung

1 Organisatorisches

2 Vorlesungsüberblick

2018-10-15

Einführung
└ Organisatorisches
└ Einführung

1 Organisatorisches

2 Vorlesungsüberblick

Organisatorisches

Zeit und Ort

Mo. 12–14 MZH 6340

Mi. 8–10 MZH 6340

Vortragender

Thomas Schneider

Cartesium, Raum 1.56

Tel. (218) 64432

ts[ÄT]cs.uni-bremen.de

Position im Curriculum

Informatik: Master-Ergänzung,

Modul „Spezielle Themen der Theoretischen Informatik“

Mathematik: Ergänzungsfach

2018-10-15

Einführung

└ Organisatorisches

└ Organisatorisches

8:16

Anfangszeiten diskutieren?

Zeit und Ort
Mo. 12–14 MZH 6340
Mi. 8–10 MZH 6340

Vortragender

Thomas Schneider
Cartesium, Raum 1.56
Tel. (218) 64432
ts[ÄT]cs.uni-bremen.de

Position im Curriculum

Informatik: Master-Ergänzung,
Modul „Spezielle Themen der Theoretischen Informatik“
Mathematik: Ergänzungsfach

Organisatorisches

Form

K4 (in der Regel 3V, 1Ü)

Fragen und Diskussion **jederzeit erwünscht**.

Voraussetzungen

Grundkenntnisse aus Theoret. Informatik 1+2 hilfreich,
aber nicht zwingend erforderlich

Vorlesungsmaterial:

- Folien und Aufgabenblätter: tinyurl.com/ws1819-autom
- Folien werden online gestellt, enthalten aber nicht alle Details.
(Beweise, Beispiele etc. von der Tafel bitte mitschreiben.)
- Skript (englisch) für den Theorie-Teil der Vorlesung in Stud.IP
- Literatur: wird bei jedem Kapitel bekannt gegeben

2018-10-15

Einführung

└ Organisatorisches

└ Organisatorisches

Form
K4 (in der Regel 3V, 1Ü)
Fragen und Diskussion **jederzeit erwünscht**.

Voraussetzungen
Grundkenntnisse aus Theoret. Informatik 1+2 hilfreich,
aber nicht zwingend erforderlich

Vorlesungsmaterial:

- Folien und Aufgabenblätter: tinyurl.com/ws1819-autom
- Folien werden online gestellt, enthalten aber nicht alle Details.
(Beweise, Beispiele etc. von der Tafel bitte mitschreiben.)
- Skript (englisch) für den Theorie-Teil der Vorlesung in Stud.IP
- Literatur: wird bei jedem Kapitel bekannt gegeben

8:18

Vorkenntnisse: natürlich endliche Aut. aus Th1 (werden wir hier aber wiederholen) sowie Berechenbarkeit und Komplexität aus Th2.

Wer es nicht (mehr) parat hat, kann es an den entspr. Stellen nacharbeiten.

Studiengänge erfragen: Informatik? MSc/BSc? Mathematik?
Andere Studiengänge (welche)? \leadsto Im Gegenzug **paar Daten zu mir**

Th1-Skript kann ich bei Stud.IP hochladen; ist in sich abgeschlossen
(und es müssen nur wenige Abschnitte durchgearbeitet werden). **Bedarf?**
Bitte tragt euch also in Stud.IP für die Veranstaltung ein.

AT-Skript: von Meghyn, enthält den Theorie-Teil vollständig, einschl.
Beweisen, aber vielleicht weniger/andere Beispiele

Ich fertige **möglicherweise** ein Skript mit den Tafelmitschriften an,
kann es aber noch nicht versprechen.

Prüfungsmodalitäten

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 ...

2018-10-15

Einführung

Organisatorisches

Prüfungsmodalitäten

8:24

Sagen: ich biete folgende Prüfungsmodalitäten an.

„ca. jede 2. Woche“: erst Mo., dann Mi. (wegen Dies Academicus 5.12.)

Liste folgt; steht auch auf Homepage

Erstes Blatt bereits online — sage ich gleich was dazu.

Gruppen: nicht 1, nicht 4. (Hilfe anbieten)

Man muss **insgesamt** 50 % der Punkte haben!

Übungen besuchen: auch bei mündl. Prüfung (Teil der VL)

Gegen Ende November (Hälfte 2. Teil der VL) Genaueres zum Ablauf der Prüfungsformen → Entscheidungshilfe beim Anmelden für Modul+Prüfungsform

Für **beide** Prüfungsformen ist Üben unerlässlich

(Abgabe+Korrektur ohne Verwendung der Punkte ist mgl. und erwünscht!)

Fragen/Anmerkungen/Änderungswünsche zu den Prüf.modalitäten? ~> Festgelegt.

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 ...

Prüfungsmodalitäten

Wiederholungsregelungen

- Fachgespräch nicht bestanden?
 \leadsto 1 Wiederholungsversuch im selben Semester möglich
- Weitere Wiederholungsversuche (wenn nötig):
 mündliche Prüfung in den folgenden 4 Semestern
 (je 1 Versuch pro Semester)

2018-10-15

Einführung

└ Organisatorisches

└ Prüfungsmodalitäten

Prüfungsmodalitäten

- Wiederholungsregelungen
- Fachgespräch nicht bestanden?
 \leadsto 1 Wiederholungsversuch im selben Semester möglich
 - Weitere Wiederholungsversuche (wenn nötig):
 mündliche Prüfung in den folgenden 4 Semestern
 (je 1 Versuch pro Semester)

8:29

Sagen: ich biete folgende Wiederholungsregelungen an.

Wer 2. Versuch FG nicht besteht, kann ÜA nicht als „Teilleistung“ mitnehmen. Dann ist eine mP erforderlich.

Vorlesung findet **nicht** regelmäßig statt \leadsto kann im unswsl. Fall des Nichtbestehens 2er Versuche nicht pauschal anbieten, nochmal den Übungsbetrieb zu besuchen.

Die üblichen Krankheitsregelungen bleiben hiervon unberührt; meldet Euch im Falle des Falles einfach bei mir oder beim Prüfungsamt.

Fragen/Anmerkungen/Änderungswünsche zu diesen Regelungen? \leadsto Festgelegt.

Termine

Terminübersicht Übung (geplant)

Blatt	Erscheinen (geplant)	Abgabe	Besprechung, Übungstermin
1	ist online!	Do. 1. 11.	Mo. 5. 11.
2	Do. 1. 11.	Do. 15. 11.	Mo. 19. 11.
3	Do. 15. 11.	Do. 29. 11.	Mo. 3. 12.
4	Mo. 3. 12.	Mo. 17. 12.	Mi. 19. 12.
5	Mo. 17. 12.	Mo. 14. 1.	Mi. 16. 1.
6	Mo. 14. 1.	Mo. 28. 1.	Mi. 30. 1.

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

Vorlesung: Ausfall 29. 10., 31. 10. (Reformationstag), 5. 12. (Dies Acad.)

2018-10-15

Einführung

Organisatorisches

Termine

Termine

Terminübersicht Übung (geplant)

Blatt	Erscheinen (geplant)	Abgabe	Besprechung, Übungstermin
1	ist online!	Do. 1. 11.	Mo. 5. 11.
2	Do. 1. 11.	Do. 15. 11.	Mo. 19. 11.
3	Do. 15. 11.	Do. 29. 11.	Mo. 3. 12.
4	Mo. 3. 12.	Mo. 17. 12.	Mi. 19. 12.
5	Mo. 17. 12.	Mo. 14. 1.	Mi. 16. 1.
6	Mo. 14. 1.	Mo. 28. 1.	Mi. 30. 1.

■ Blätter erscheinen auf Homepage der Vorlesung
 ♦ Abgabe per PDF in Stud.IP (separater Ordner, bis 23:59 Uhr)
 Vorlesung: Ausfall 29. 10., 31. 10. (Reformationstag), 5. 12. (Dies Acad.)

8:32 → 8:35

Übungstermine und Blätter (stehen auch auf Homepage der VL)

ijErstes Blatt bereits online — abzugeben am 29.10. (Ende nächster Wo.)

Dann noch 1x Abgabe Sonntag; danach immer schon freitags!

(Ü auf Montag wg. Dies Academicus 22.11.).

Blatt immer knapp 2 Wochen vorher verfügbar (\pm 1–2 Tage)

Blätter werden auf Homepage hochgeladen.

Abgabe: elektronisch in Stud.IP bis jeweils 23:59.

Ich richte Ordner ein, in den man nur schreiben, nicht lesen kann.

↪ wer hat Einwände? (ggf. Postfach o. Ä. anbieten)

Stud.IP: bitte für diese Veranstaltung eintragen, sofern noch nicht geschehen!

Grund für diese Vorgehensweise: Ich möchte die ÜS vor der Besprechung korrigieren, um in der Übung auf Schwierigkeiten einzugehen und den Fokus nach Eurem Bedarf zu setzen. Ich habe aber viel zu tun und brauche ein paar Tage „Puffer“ zum Korrigieren. Kann auch noch nicht versprechen, dass das immer so klappt (ist in AT das 2. Mal, dass ich das so mache.)

Einführung

1 Organisatorisches

2 Vorlesungsüberblick

2018-10-15

Einführung
└─ Vorlesungsüberblick
 └─ Einführung

1 Organisatorisches

2 Vorlesungsüberblick

Ursprünge der Automatentheorie

Automaten als Berechnungsmodelle, zur Definition formaler Sprachen

- (3) (Nicht-)deterministische endliche Automaten (NEA/DEA)
[McCulloch & Pitts 1943; Kleene 1956]
- (2) Kellerautomaten (pushdown automata, PDA)
[Newell, Shaw, Simon 1959]
- (1) Linear beschränkte Automaten (LBA)
[Myhill 1960; Kuroda 1964]
- (0) Turingmaschinen (TM)
[Turing 1936]

2018-10-15

Einführung

└ Vorlesungsüberblick

└ Ursprünge der Automatentheorie

8:35

Die kennt Ihr (hoffentlich) alle aus Theorie 1.

Hier nach Chomsky-Typ geordnet, nicht historisch.

N/DEAs: Ideen 1943 zur Modellierung Nervensysteme,
präzise definiert 1956 von Kleene

LBAs: determ. Variante von Myhill, nichtdet. von Kuroda

TMs: dazu muss ich sicherlich nichts mehr sagen . . .

Ursprünge der Automatentheorie

Varianten endlicher Automaten

zum Lösen von Entscheidungsproblemen

- **Baumautomaten**
= endliche Automaten auf Bäumen (statt auf Wörtern)
ursprünglich für Schaltkreisverifikation
[Church, 50er/60er]
- **Büchi-Automaten**
= endliche Automaten auf unendlichen Wörtern
ursprünglich zum Entscheiden logischer Theorien
[Büchi 1962]
- **alternierende Automaten**
(Alternierung = Verallgemeinerung des Nichtdeterminismus)
[Chandra, Kozen, Stockmeyer 1981]
- und viele weitere ...

2018-10-15

Einführung
└─ Vorlesungsüberblick

└─ Ursprünge der Automatentheorie

8:37

Hier wird der Begriff des (nichtdet.) endl. Automaten auf verschiedene Weisen erweitert

Varianten endlicher Automaten
zum Lösen von Entscheidungsproblemen

- **Baumautomaten**
= endliche Automaten auf Bäumen (statt auf Wörtern)
ursprünglich für Schaltkreisverifikation
[Church, 50er/60er]
- **Büchi-Automaten**
= endliche Automaten auf unendlichen Wörtern
ursprünglich zum Entscheiden logischer Theorien
[Büchi 1962]
- **alternierende Automaten**
(Alternierung = Verallgemeinerung des Nichtdeterminismus)
[Chandra, Kozen, Stockmeyer 1981]
- und viele weitere ...

Moderne Anwendungen der Automatentheorie

Automaten werden in der Informatik angewendet z. B. für

- Validierung semistrukturierter Daten (XML)
- Verifikation von Hard- und Software
- Komplexitätstheorie (Definition Komplexitätsklassen)
- Entscheidungsverfahren
z. B. für Logiken (aus der KI, Verifikation und mehr)
- etc.

Es besteht eine enge Verbindung zwischen Automaten und Logik.

Automaten haben die Entwicklung der Informatik entscheidend mitbestimmt.

2018-10-15

Einführung

└ Vorlesungsüberblick

└ Moderne Anwendungen der Automatentheorie

8:39

Automaten werden in der Informatik angewendet z. B. für

- Validierung semistrukturierter Daten (XML)
- Verifikation von Hard- und Software
- Komplexitätstheorie (Definition Komplexitätsklassen)
- Entscheidungsverfahren
z. B. für Logiken (aus der KI, Verifikation und mehr)
- etc.

Es besteht eine enge Verbindung zwischen Automaten und Logik.
Automaten haben die Entwicklung der Informatik entscheidend mitbestimmt.

Fallbeispiel 1: XML

XML-Schema und Validierung von XML-Dokumenten

können als Automatenprobleme verstanden werden:

- XML-Dokument \approx **Baum**
- XML-Schema beschreibt Menge der gültigen XML-Dokumente \approx **formale Sprache** (Menge von Bäumen, i. d. R. unendlich)
- Formale Sprache kann man durch **endlichen Baumautomaten** beschreiben.

Dann entspricht ...

- Validität eines XML-Dokuments $\hat{=}$ **Wortproblem**
- Konsistenz des XML-Schemas $\hat{=}$ **Leerheitsproblem**
- ...

2018-10-15

Einführung
└ Vorlesungsüberblick

└ Fallbeispiel 1: XML

8:41

„ \approx Baum“: Struktur kann als Baum aufgeschrieben werden, wenn man konkrete Datenwerte vernachlässigt

XML-Schema und Validierung von XML-Dokumenten können als Automatenprobleme verstanden werden:

- XML-Dokument \approx **Baum**
- XML-Schema beschreibt Menge der gültigen XML-Dokumente \approx **formale Sprache** (Menge von Bäumen, i. d. R. unendlich)
- Formale Sprache kann man durch **endlichen Baumautomaten** beschreiben.

Dann entspricht ...

- Validität eines XML-Dokuments $\hat{=}$ **Wortproblem**
- Konsistenz des XML-Schemas $\hat{=}$ **Leerheitsproblem**
- ...

Fallbeispiel 2: Verifikation

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

Manche Systeme sollen ∞ lange laufen (keine Terminierung):
Betriebssysteme, Bankautomaten, Flugsicherungssysteme

Wichtige Technik: **Model checking** – oft automatenbasiert:

- Lauf des Systems = **unendliches Wort**
 - System = **formale Sprache** L_1
(Menge aller Läufe, i. d. R. unendlich)
 - erlaubtes Verhalten = **formale Sprache** L_2
(Menge aller erlaubten Läufe, i. d. R. unendlich)
 - Beschreiben L_1 und L_2 durch **Büchi-Automaten**
(endliche Automaten auf unendlichen Wörtern)
- \leadsto Model checking $\hat{=}$ „ $L_1 \subseteq L_2$?“ \approx **Äquivalenzproblem**

2018-10-15

Einführung

└ Vorlesungsüberblick

└ Fallbeispiel 2: Verifikation

Fallbeispiel 2: Verifikation

Verifikation: nachweisen, dass ein Chip/Programm eine gewünschte Spezifikation erfüllt (z. B. keine Division durch 0, keine Deadlocks)
Manche Systeme sollen ∞ lange laufen (keine Terminierung):
Betriebssysteme, Bankautomaten, Flugsicherungssysteme
Wichtige Technik: **Model checking** – oft automatenbasiert:

- Lauf des Systems = **unendliches Wort**
- System = **formale Sprache** L_1
(Menge aller Läufe, i. d. R. unendlich)
- erlaubtes Verhalten = **formale Sprache** L_2
(Menge aller erlaubten Läufe, i. d. R. unendlich)
- Beschreiben L_1 und L_2 durch **Büchi-Automaten**
(endliche Automaten auf unendlichen Wörtern)

\leadsto Model checking $\hat{=}$ „ $L_1 \subseteq L_2$?“ \approx **Äquivalenzproblem**

8:43

Bei diesen kritischen Systemen wäre Terminierung ein Fehler,
oft sogar ein fataler.

Letzte Zeile: das ist eigentlich nichts anderes als das Äquivalenzproblem,
wie wir sehen werden.

(genau genommen braucht man da noch gewisse Abschlusseg. ...)

Ziele der Vorlesung

Einführung in grundlegende Automatenbegriffe

- auf endlichen Bäumen
- auf unendlichen Wörtern
- auf unendlichen Bäumen

Untersuchung der zugehörigen Sprachklassen

- Abschlusseigenschaften, Determinisierung, Charakterisierungen, Entscheidungsprobleme
- teils einfach, teils anspruchsvoll
- interessante Techniken: Safra-Konstruktion, Paritätsspiele

Herstellung von Bezügen zu Anwendungen

Einsatz dieser Automaten z. B. in XML-Validierung und Verifikation

2018-10-15

Einführung

└ Vorlesungsüberblick

└ Ziele der Vorlesung

8:46

Ziele der Vorlesung
Einführung in grundlegende Automatenbegriffe
<ul style="list-style-type: none"> • auf endlichen Bäumen • auf unendlichen Wörtern • auf unendlichen Bäumen
Untersuchung der zugehörigen Sprachklassen
<ul style="list-style-type: none"> • Abschlusseigenschaften, Determinisierung, Charakterisierungen, Entscheidungsprobleme • teils einfach, teils anspruchsvoll • interessante Techniken: Safra-Konstruktion, Paritätsspiele
Herstellung von Bezügen zu Anwendungen
Einsatz dieser Automaten z. B. in XML-Validierung und Verifikation

Übersicht Vorlesung

Einführung ✓

Teil 1: Endliche Automaten auf endlichen Wörtern
(Kurz wiederholung und Anwendungen, ca. 2 Sitzungen)

Teil 2: Endliche Automaten auf endlichen Bäumen

Teil 3: Endliche Automaten auf unendlichen Wörtern

Teil 4: Endliche Automaten auf unendlichen Bäumen

2018-10-15

Einführung

└ Vorlesungsüberblick

└ Übersicht Vorlesung

8:48 → 8:50

5 min Pause; Übungsgruppen zusammenfinden lassen!

Einführung ✓

Teil 1: Endliche Automaten auf endlichen Wörtern
(Kurz wiederholung und Anwendungen, ca. 2 Sitzungen)

Teil 2: Endliche Automaten auf endlichen Bäumen

Teil 3: Endliche Automaten auf unendlichen Wörtern

Teil 4: Endliche Automaten auf unendlichen Bäumen