Dr. Frank Hoffmann

Inhalt der Vorlesung

"Grundlagen der Theoretischen Informatik"

Nachfolgend ist stichpunktartig der tatschliche Inhalt der Vorlesung im Sommersemester 2008 zusammengefasst.
Zur Vorbereitung auf Prüfungen etc. empfehle ich:

I. Wegener, *Theoretische Informatik - eine algorithmenorientierte Einführung*, Teubner 1999

I. Wegener, *Kompendium Theoretische Informatik - eine Ideensammlung*, Teubner 1996

U. Schöning, *Theoretische Informatik–kurzgefasst*, 3.Auflage, Spectrum 1997

M. Sipser, *Introduction to the Theory of Computation*, PWS Publ. 1997

J. E. Hopcroft, R. Motwani, J. D. Ullman, Einführung in die Automatentheorie, Formale Sprachen und Komplexitätstheorie, Pearson 2002

Dabei ist das Buch von Schöning (fast) ausreichend und sehr schön zu lesen, an manchen Stellen aber doch etwas zu 'kurzgefasst'. Wer etwas genauer nachlesen will, findet bei Wegener wesentlich mehr Hinweise, auch auf entsprechende Originalliteratur. Das Kompendium ist eine hervorragende erläuternde Ergänzung.

Sipsers Buch ist als Brücke von den Grundlagen bis hin zu aktuellen Forschungsthemen sicherlich das beste, sprengt aber den knappen Rahmen dieser Vorlesung.

1 Endliche Automaten, Reguläre Sprachen

- Definition: Deterministische endliche Automaten (dfa)
- Grundbegriffe aus der Theorie formaler Sprachen (Alphabet, Wort, Sprache, ...)
- Spracherkennung durch dfa's
- Konstruktion neuer Sprachen aus gegebenen (Konkatenation, Kleene'scher Abschluss, ...)
- Definition regulärer Sprachen und regulärer Ausdrücke
- Satz: Jede reguläre Sprache ist dfa–Sprache.
  Beweis: konstruktiv, induktiv; führt kanonisch zu nfa
- Definition: Nichtdeterministische endliche Automaten (nfa)
- Satz: Zu jedem nfa gibt es einen dfa, der dieselbe Sprache akzeptiert.
- Satz: Jede dfa–Sprache ist regulär.
- Abschlusseigenschaften regulärer Sprachen

- Zustandsminimierung bei endlichen Automaten; insbesondere Algorithmus zur Ermittlung derselben mittels Testen von Zeugen für Nichtäquivalenz von Zuständen
- Nachweis der Nichtregularität von Sprachen (das Pumping–Lemma)
- Weitere Anwendungen des Pumping–Lemmas (Leerheits– bzw. Unendlichkeitsproblem bei regulären Sprachen)
- Bedingung im Pumping–Lemma ist nicht hinreichend für Regularität
- Nerode–Relation R_L
  Satz: L regulär gdw. R_L hat endlichen Index

2 Turing–Maschinen, Berechenbarkeit

- Definition: Deterministische Turing–Maschinen
- Entscheidbare (rekursive) und semientscheidbare (rekursiv aufzählbare) Sprachen, Turing–berechenbare Funktionen
- Zusammenhang zwischen entscheidbarer Sprache und Turing–berechenbarer charakteristischer Funktion der Sprache
- These von Church und Turing
- Varianten der Turing–Maschinen: Mehrkopf–Turing–Maschinen, Mehrband–Turing–Maschinen, nichtdeterministische Turing–Maschinen

  Satz: Simulation einer k–Band–TM durch 1–Band–TM

  Satz: Simulation einer nichtdeterministischen TM durch eine deterministische.
- Abschlusseigenschaften rekursiver und rekursiv aufzählbarer Sprachen

3 Die Universelle Turing–Maschine, Unentscheidbare Probleme

- Normierung von Turing–Maschinen, Gödelnummerierung
- Satz: Existenz universeller Turing–Maschinen
- Satz: Die Diagonalsprache L_D ist nicht rekursiv
- Prinzip der Reduktion
- Halteproblem und spezielles Halteproblem sind unentscheidbar
- Universelle Sprache L_u ist unentscheidbar, aber rekursiv aufzählbar
- Es ist unentscheidbar, ob eine TM eine reguläre Sprache erkennt
- Satz von Rice (ohne Beweis)
- Post'sches Korrespondenzproblem ist unentscheidbar

4 Effiziente Berechenbarkeit, P–NP–Problem

- Rechenzeit einer Turing–Maschine, Konfiguration
- Zeitkomplexitätsklasse TIME(f(n)), die Klasse P
- Polynomiell äquivalente Kodierungsschemata
- Entscheidungsvarianten von Optimierungsproblemen
- Die Klasse NP und nichtdeterministische Turing–Maschinen
- Das P–NP–Problem
- Polynomialzeit–Reduzierbarkeit, Begriff der NP–Vollständigkeit
- Satz von Cook (ohne Beweis)
- Abschlusseigenschaften der Klassen P und NP

5 Grammatiken, die Chomsky–Hierarchie

- Definition: Grammatik, dadurch erzeugte Sprache, Wortproblem
- Definition: Chomsky–Hierarchie
- Satz: Die Klasse der rekursiv aufzählbaren Sprachen ist gleich der Klasse der durch Typ–0–Grammatiken erzeugten Sprachen

  Satz: Die durch Typ–3–Grammatiken erzeugbaren Sprachen sind genau die regulären Sprachen
- Satz: Kontextsensitive Sprachen entsprechen NSPACE(n)(ohne Beweis)
- Kontextfreie Sprachen und Syntaxbäume
- Eindeutige und inhärent mehrdeutige kontextfreie Grammatiken
- Kontextfreie Grammatiken in Chomsky–Normalform
- Satz: Jede kontextfreie Grammatik, die das leere Wort nicht erzeugt, kann in Chomsky–Normalform überführt werden.
- Ein effizienter Algorithmus zur Lösung des Wortproblems für kontextfreie Grammatiken in Chomsky–Normalform: Cocke-Younger-Kasami
- Pumping–Lemma für kontextfreie Sprachen
- Anwendungen des Pumping–Lemmas: Nicht–kontextfreie Sprachen,

  Satz: Kontextfrei über einelementigem Alphabet ist gleich regulär
- Abschlusseigenschaften kontextfreier Sprachen
- Es ist entscheidbar, ob kontextfreie Grammatik die leere bzw. eine endliche Sprache erzeugt
- Unentscheidbarkeit und kontextfreie Sprachen

  Satz: Unentscheidbar, ob Durchschnitt zweier kontextfreier Sprachen nicht leer ist
- Kontextfreie Sprachen und Pushdown–Automaten
- Deterministische Pushdown–Automaten
- Abschlusseigenschaften von deterministischen kontextfreien Sprachen
- Hinweis auf LR(k)–Grammatiken