

# Theoretische Informatik für Lehrer

Vorlesungsscriptum Wintersemester 2004/05

DR. BERND REICHEL<sup>1</sup>

DR. RALF STIEBE<sup>2</sup>

Fakultät für Informatik

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

---

<sup>1</sup>Tel.: +49'391'67'12851, e-mail: [reichel@iws.cs.uni-magdeburg.de](mailto:reichel@iws.cs.uni-magdeburg.de), URL: [theo.cs.uni-magdeburg.de](http://theo.cs.uni-magdeburg.de)

<sup>2</sup>Tel.: +49'391'67'12457, e-mail: [stiebe@iws.cs.uni-magdeburg.de](mailto:stiebe@iws.cs.uni-magdeburg.de), URL: [theo.cs.uni-magdeburg.de](http://theo.cs.uni-magdeburg.de)

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>Literatur</b>	<b>4</b>
<b>1 Mathematische Grundlagen</b>	<b>5</b>
1.1 Elementare Aussagenlogik . . . . .	5
1.2 Elementare Mengenlehre . . . . .	9
1.3 Relationen und Funktionen . . . . .	13
1.4 Über die Mächtigkeit von Mengen . . . . .	17
1.5 Algebraische Strukturen . . . . .	18
1.6 Alphabete, Wörter, Sprachen . . . . .	19
<b>2 Berechenbarkeit</b>	<b>21</b>
2.1 Intuitiver Berechenbarkeitsbegriff . . . . .	21
2.2 Turing-Berechenbarkeit . . . . .	22
2.3 LOOP-, WHILE- und GOTO-Berechenbarkeit . . . . .	28
2.4 Die Churchsche These . . . . .	37
2.5 Halteproblem und Unentscheidbarkeit . . . . .	38
<b>3 Komplexitätstheorie</b>	<b>43</b>
3.1 Komplexitätsklassen . . . . .	43
3.2 Das Domino-Problem . . . . .	45
3.3 Nichtdeterministische Turingmaschinen und die Klasse NP . . . . .	45
3.4 NP-Vollständigkeit . . . . .	47
<b>4 Formale Sprachen</b>	<b>53</b>
4.1 Einführung . . . . .	53
4.2 Grammatiken . . . . .	54
4.2.1 Chomsky-Hierarchie . . . . .	58
4.2.2 Wortproblem . . . . .	60
4.2.3 Syntaxbäume . . . . .	62
4.3 Reguläre Sprachen . . . . .	63
4.3.1 Endliche Automaten . . . . .	63
4.3.2 Nichtdeterministische endliche Automaten . . . . .	67
4.3.3 Reguläre Ausdrücke . . . . .	73
4.3.4 Das Pumping Lemma . . . . .	80
4.3.5 Abschlusseigenschaften . . . . .	82
4.3.6 Wortproblem und andere Entscheidbarkeitsprobleme . . . . .	82
4.4 Kontextfreie Sprachen . . . . .	84
4.4.1 Normalformen . . . . .	84
4.4.2 Das Pumping Lemma . . . . .	86
4.4.3 Abschlusseigenschaften . . . . .	87
4.4.4 Entscheidbarkeit und der Algorithmus von Cocke, Younger und Kasami . . . . .	88
4.4.5 Kellerautomaten . . . . .	90
4.5 Rekursiv aufzählbare Sprachen . . . . .	94
4.6 Kontextabhängige Sprachen . . . . .	96
4.7 Tabellarischer Überblick . . . . .	97

## Vorwort

Das vorliegende Scriptum soll dem Leser eine Hilfe zum Studium und beim Besuch der gleichnamigen Vorlesung geben. Es orientiert sich an [9], aus dem auch wesentliche Teile übernommen wurden.

Für weitergehende oder vertiefende Studien ist [5] sehr geeignet und zu empfehlen. Auch die Lehrbücher [4, 10, 12, 13, 14] sind zu empfehlen.

Das Scriptum ist (wie jedes solches Werk) unfertig und wird ständig weiterbearbeitet. Dazu nehmen die Autoren Anregungen und Meinungen nicht nur gern entgegen, sondern wünschen sich von allen Lesern solche ausdrücklich.

Bernd Reichel, Ralf Stiebe

Magdeburg, im Oktober 2004

## Literatur

- [1] J. Albert and Th. Ottmann. *Automaten, Sprachen und Maschinen für Anwender*. Bibliographisches Institut, Mannheim, 1983.
- [2] W. Brauer. *Automatentheorie*. B. G. Teubner, Stuttgart, 1984.
- [3] W. Brecht. *Theoretische Informatik – Grundlagen und praktische Anwendungen*. Vieweg, Braunschweig, 1995.
- [4] W. Bucher and H. Maurer. *Theoretische Grundlagen der Programmiersprachen*. B.I.-Wissenschaftsverlag, Mannheim, 1984.
- [5] E. Hopcroft J. and D. Ullman J. *Einführung in die Automatentheorie, Formale Sprachen und Komplexitätstheorie*. Addison Wesley, Reading, Bonn, 1990.
- [6] Ch. Posthoff and K. Schulz. *Grundkurs Theoretische Informatik*. B. G. Teubner, Stuttgart, 1992.
- [7] A. Salomaa. *Formale Sprachen*. Springer-Verlag, Berlin, 1978.
- [8] U. Schöning. *Logik für Informatiker*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1995.
- [9] U. Schöning. *Theoretische Informatik kurz gefaßt*. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1995.
- [10] V. Sperschneider and B. Hammer. *Theoretische Informatik – Eine problemorientierte Einführung*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1996.
- [11] Th. A. Sudkamp. *Languages and Machines*. Addison-Wesley, Reading, 1988.
- [12] K. Wagner. *Einführung in die Theoretische Informatik*. Springer-Verlag, Berlin, 1994.
- [13] D. Wätjen. *Theoretische Informatik*. Oldenbourg, München, 1994.
- [14] I. Wegener. *Theoretische Informatik*. B. G. Teubner, Stuttgart, 1993.