

Kapitel 0

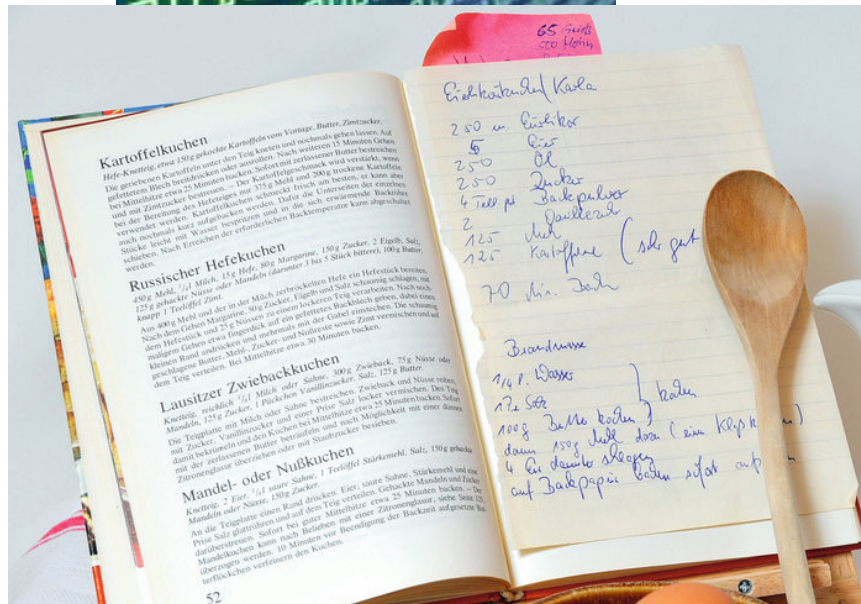
Einführung

0.1

Motivation

Prof. Dr. Robert Preis
Fachbereich Informatik
Fachhochschule Dortmund
Robert.Preis@fh-dortmund.de

Was ist Informatik ?



Ist das wirklich alles Informatik ?

Informatik ist ...

In-for-ma-tion + Au-to-ma-tik

Aber was genau ist *Information* ?

Aber was genau ist *Automatik* (Automatisierung) ?

Bitte verwechseln Sie den Begriff „*Informatik*“ nicht mit z.B.

- *Datenverarbeitung*
- *Informationsverarbeitung*
- *IT (Informationstechnik)*

...das ist alles NICHT DASSELBE wie Informatik!

Was ist Information ?

z.B. „*Der Kaffee kostet 50cent*“.

Eine Information ist eigentlich so etwas wie ein Wort oder ein Satz.

Eine Information kann auch aus mehreren Objekten bestehen:

(50c), (20c,20c,10c), (20c,10c,10c,10c), (10c,10c,10c,10c,10c)

...dies entspricht allen Zahlungsmöglichkeiten mit mind. 10c-Münzen!

Eigentlich ist eine Information nur eine Menge von Objekten, d.h. z.B.

- *{„Der Kaffee kostet 50cent“}* (1 Element)
- *{(50c),(20c,20c,10c),(20c,10c,10c,10c),(10c,10c,10c,10c,10c)}* (4 Elem.)
- *{Aal, Aas, ab, Abbildung, abblitzen, ABC, Abend, Abenteuer, ...}*
(Alle Wörter im Duden, ziemlich viele Elemente)
- *{2,4,6,8,10,12,14,...}*
(alle natürlichen geraden Zahlen, unendlich viele Elemente)

Information und *Menge* ist dasselbe. Wir nennen es *formale Sprache*.

Ist ein Element (Wort) in einer Menge (formalen Sprache) ?

Gehört die 17 zu der Menge $M=\{3,18,3,9,17,5,4\}$?

d.h. $17 \in \{3,18,3,9,17,5,4\}$?

...einfach zu lösen, weil es nur eine Aufzählung ist...

Ist 18.374.019.283.947 eine gerade Zahl?

d.h. $18.374.019.283.947 \in \{2,4,6,8,10,\dots\}$?

Woher wissen Sie das? Haben Sie diese Zahl jemals in Ihrem Leben gesehen ?

...einfach zu lösen, weil es eine einfache Struktur ist.

Ist 18.374.019.283.947 eine Primzahl?

d.h. $18.374.019.283.947 \in \{\text{alle Primzahlen}\}$?

Sie sehen die Zahl heute zum ersten Mal !

...schwieriger zu lösen, weil man das umständlicher prüfen muss.

Aber was machen wir, wenn es schwieriger wird?

Was ist Automatik (Automatisierung)?

Immer wenn es mit Informationen schwierig wird machen wir:

1. **Wir schreiben ein Programm** (Code, Verfahren, Ablaufplan, Rezept,...)
...hier sind wir aktiv und versuchen alles so zu machen, dass es später läuft...
2. **Wir lassen das Programm auf einem Computer laufen** (durch einen Studenten ausführen, durch einen Arbeiter ausführen, durch eine Hausfrau kochen, ...)
...hier schauen wir nur zu und hoffen, dass alles gut geht...

**Die Kunst der Automatisierung ist es,
etwas so zu schaffen,
dass es nachher auch ohne uns
fehlerfrei funktioniert !**

...dafür müssen wir sehr penibel und sehr genau arbeiten !

Was ist dann genau Informatik?

Wikipedia sagt:

Informatik (englisch: *computer science* oder *computing science*) ist die
„Wissenschaft (Nicht tun, sondern wie?)
von der systematischen Verarbeitung (Automatik)
von Informationen, (Information)
besonders der
automatischen Verarbeitung
mit Hilfe von Digitalrechnern“. (Push durch Computer)

Historisch hat sich die Informatik einerseits als Formalwissenschaft aus der Mathematik entwickelt, andererseits als Ingenieursdisziplin aus dem praktischen Bedarf nach einer schnellen und insbesondere automatischen Ausführung von Berechnungen.

Was ist nun wirklich Informatik ?

Keine Informatik,
nur Information

Keine Informatik,
nur Information + Manuell,
d.h. Informanuell

Informatik !

Informatik !

Was ist Informatik ?

Anwendung informatischer
Methoden in **informatikfremden**
Gebieten, wie Biologie,
Betriebswirtschaft oder Medizin

Grundlegende Konzepte und
Methoden zur Lösung
**konkreter informatischer
Probleme** (z.B. Entwicklung
von Datenstrukturen oder
von Programmiersprachen,
Softwaretechnik als
Teilgebiet)

Angewandte Informatik

Praktische
Informatik

Technische
Informatik

Theoretische Informatik

**Abstraktion, Modellbildung und
grundlegende Fragestellungen**, die
mit der Struktur, Verarbeitung,
Übertragung und Wiedergabe von
Informationen in Zusammenhang
stehen

Architektur, Entwurf,
Realisierung, Bewertung,
Betrieb von Rechner-,
Kommunikations- und
eingebetteten Systemen auf
der **Ebene der Hardware als
auch der systemnahen
Software**

Nach Wikipedia

Und was ist Theoretische Informatik ?

Wikipedia:

Die **theoretische Informatik** beschäftigt sich mit der Abstraktion, Modellbildung und grundlegenden Fragestellungen, die mit der Struktur, Verarbeitung, Übertragung und Wiedergabe von Informationen in Zusammenhang stehen.

Ihre Inhalte sind

- **Automatentheorie,**
- **Theorie der formalen Sprachen,**
- **Berechenbarkeits- und Komplexitätstheorie,**
- aber auch Logik und formale Semantik
- sowie die Informations-, Algorithmen- und Datenbanktheorie.

dieses
Semester

etwas dieses Semester,
mehr im Master

Inhalt „Theoretische Informatik“

0 Einführung (ca. 1 Vorlesung)

Motivation, Organisation

1 Formale Sprachen und Grammatiken (ca. 2 Vorlesungen)

Sprachen, Grammatiken, Chomsky Hierarchie

2 Reguläre Sprachen (ca. 5-6 Vorlesungen)

Deterministischer Endlicher Automat (DEA),
Nichtdeterministischer Endlicher Automat (NEA), ϵ -NEA,
Minimierung, Äquivalenz,
Reguläre Ausdrücke,
Abschlusseigenschaften, Grenzen

3 Kontextfreie Sprachen (ca. 3 Vorlesungen)

Push-Down-Automat (PDA),
Chomsky Normalform, Wortproblem (CYK),
Abschlusseigenschaften, Grenzen

4 Turingmaschinen und Berechenbarkeit (ca. 1-2 Vorlesungen)

Kapitel 1: Formale Sprachen und Grammatiken

1. Ist **175.830.894.078.798.408** eine gerade Zahl?
2. Ist **7.748.109.384** eine natürliche Zahl ?
 - Anders: *Ist **7.748.109.384** in der Menge der natürlichen Zahlen ?*
3. Ist „**1749373**“ in der Menge {alle Primzahlen} ?
4. Ist „**gehen**“ in der Menge {alle deutsche Wörter} ?
5. Ist „**Ich heiÙe Paul.**“ in der Menge {alle deutsche Sätze} ?
6. Ist

```
public class HelloWorld {  
    public static void main(String[ ] args) {  
        System.out.println("HelloWorld");  
    }  
}
```

ein Java-Programm, d.h. in der Menge {alle gültigen Java-Programme}?
7. Ist **(17-7)*(27-35+((4+3*(2+5)))** ein gültiger arithmetischer Ausdruck?
 - Auch diesen Ausdruck haben Sie noch nie vorher gesehen !

Grammatik

- Ist

((()((((()((()()))((()((()()))((()))))

ein gültiger Klammerausdruck?

- Regeln:
 - gleich viele Klammer-AUF und Klammer-ZU !
 - immer erst Klammer-AUF und danach Klammer-ZU !

Aber wie überprüfe ich das ?

Das ist die Syntax !

Aber wie sieht eine Syntax aus ?

Grammatik für Klammerausdrücke:

- Startsymbol S
- Regeln:
 1. $S \rightarrow SS$
 2. $S \rightarrow (S)$
 3. $S \rightarrow ()$

1. *Alles, was durch die Regeln erzeugt wird ist ein korrekter Klammerausdruck.*

2. *Jeden korrekten Klammerausdruck kann man durch diese Regeln erzeugen.*

D.h.: Alles, was man durch diese Grammatik erzeugen kann sind

EXAKT

alle korrekten Klammerausdrücke.

Eine Grammatik bei der Arbeit

- Startsymbol S
- Regeln: $S \rightarrow SS$, $S \rightarrow (S)$, $S \rightarrow ()$

Eine Ableitung: $S \rightarrow SS \rightarrow (S)S \rightarrow (SS)S \rightarrow ((S)S)S \rightarrow (((S)))S \rightarrow (((())))$

Sind alle Grammatiken so einfach?

Nein, denn z.B. recht kompliziert ist:

- Startsymbol S
- Regeln: $S \rightarrow ACaB$, $Ca \rightarrow aaC$, $CB \rightarrow DB$, $aD \rightarrow Da$, $AD \rightarrow AC$, $CB \rightarrow E$,
 $aE \rightarrow Ea$, $AE \rightarrow \varepsilon$

	Einfache Grammatik:	Komplizierte Grammatik:
Links:	nur ein Zeichen (S)	mehrere Zeichen (Ca)
Rechts:	wenige Zeichen (SS)	viele Zeichen ($ACaB$)

*Je nachdem, was man bei Grammatiken zulässt
kann man mehr oder weniger komplizierte Mengen beschreiben.*

Einfache und komplexe Grammatiken

Die Information/Sprache/Grammatik ist...

1. *sehr einfach*
2. *einfach*
3. *komplex*
4. *sehr komplex*

Ich brauche...

- nur ein Blatt Papier!*
- nur einen Taschenrechner!*
- nur einen PC!*
- nur einen Superrechner!*

D.h.:

Einfache Informationen benötigen auch nur einfache Automaten!

Komplizierte Informationen benötigen komplexe Automaten!

Es ist die Aufgabe eines Informatikers, zwischen einfachen und komplizierten Informationen (Problemen) zu unterscheiden, um die notwendigen Ressourcen für die Problemlösung zu ermitteln!

Die Chomsky-Hierarchie zur Klassifizierung von Grammatiken und Maschinen



Avram Noam Chomsky (geb. 7.12.1928 in Philadelphia, USA)

Professor für Linguistik am

Massachusetts Institute of Technology (MIT)

→ http://de.wikipedia.org/wiki/Noam_Chomsky

Typ	Typ-3 \subset	Typ-2 \subset	Typ-1 \subset	Typ-0
Grammatik	$X \rightarrow aY$	$X \rightarrow aYXbY$	$aXb \rightarrow aYb$	$aXYa$
Sprache			kontextsensitiv	
Beispiel			$a^n b^n c^n$	
Maschine	Endlicher Automat	Nichtdet. Kellerautomat	Linear beschränkter Automat	Turingmaschine
Typisches Problem	Gerade Zahlen	Gültiger Klammerausdruck		Java-Programm

dieses Semester, Kapitel 2

dieses Semester, Kapitel 3

Einführung dieses Semester, Kapitel 4

Palindrom

Studie: Neun von zehn Schülern schreiben "Rentner" verkehrt herum



Erlangen (dpo) - Eine Umfrage des Goethe-Instituts Erlangen brachte Erschreckendes zu Tage: Nahezu 90 Prozent der Schüler in Deutschland schreiben das Wort "Rentner" aus bisher ungeklärten Gründen rückwärts. Auch Begriffe wie "Neffen", "Radar" oder "Reliepfiler" bereiten den meisten große Schwierigkeiten. Nur bei etwa einem Zehntel der Schüler konnte eine korrekte Schreibweise festgestellt werden. Betroffen seien alle Schulformen. mehr...

Quelle:

www.der-postillion.com

Kapitel 2: Reguläre Sprachen

Automaten für einfache Grammatiken

Für jede Grammatik können wir einen Automaten bauen, der entscheidet, ob ein Wort durch eine Grammatik erzeugt werden kann oder nicht.

Menge der Zahlen, die durch 3 teilbar sind:

Idee: Wir gehen von links nach rechts und merken uns, welchen Rest die bisherige Summe (geteilt durch 3) hat!

Grammatik:

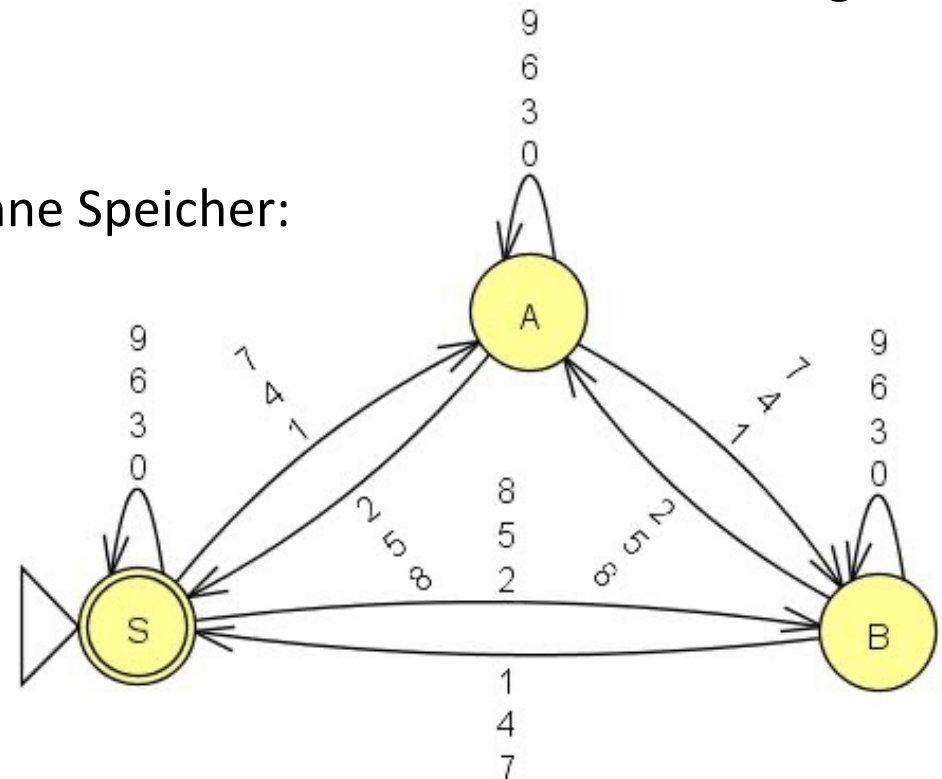
$S \rightarrow 0S \mid 1A \mid 2B \mid 3S \mid 4A \mid$
 $5B \mid 6S \mid 7A \mid 8B \mid 9S \mid \varepsilon$

$A \rightarrow 0A \mid 1B \mid 2S \mid 3A \mid 4B \mid$
 $5S \mid 6A \mid 7B \mid 8S \mid 9A$

$B \rightarrow 0B \mid 1S \mid 2A \mid 3B \mid 4S \mid$
 $5A \mid 6B \mid 7S \mid 8A \mid 9B$

Wir müssen uns 1 von 3 Dingen merken!
D.h. wir haben 3 Zustände!

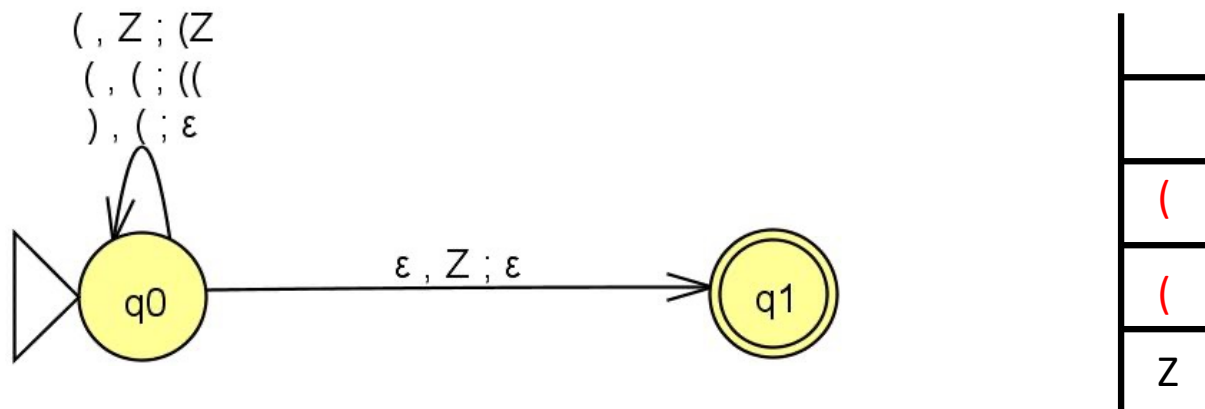
Automat ohne Speicher:



((((()))((((()))((((()))((((()))((((()))

Die bisherige Anzahl der noch nicht geschlossenen „(“-Zeichen!

Automat mit einfachem Keller-Speicher (LIFO – Last In, First Out):



Kapitel 4: Turingmaschinen

Automaten für komplexe Grammatiken

Einige Grammatiken sind so kompliziert, dass ein einfacher Speicher nicht ausreicht. Wir brauchen einen flexiblen Speicher.

Menge aller Wörter aus a's, wobei die Anzahl eine Zweierpotenz ist.

Grammatik:

$S \rightarrow ACaB$, $Ca \rightarrow aaC$, $CB \rightarrow DB$, $aD \rightarrow Da$, $AD \rightarrow AC$, $CB \rightarrow E$, $aE \rightarrow Ea$, $AE \rightarrow \varepsilon$

Eine Turingmaschine hat ein unendliches Speicherband und einen flexiblen Zugriff:



*...eine Turingmaschine kann alles berechnen,
was ein Computer (elektronischer Rechner) kann...*

Fundamentale Fragen der Theoretischen Informatik

Was ist ein Problem und wie beschreibe ich es formal korrekt?

- Wie beschreibe ich die Eingabe und Ausgabe eines Problems?

Welche Maschine/Computer brauche ich, um ein Problem zu lösen?

- Waschmaschine, Kaffeemaschine, Cola-Automat, Elektronischer Rechner

Wie schwer ist es, das Problem zu lösen?

- Laufzeit, Speicherbedarf?

Damit ist doch alles gesagt...oder ?

Eine wichtige Fragestellung fehlt aber noch (kommt erst im Master...):

Ist das Problem überhaupt lösbar?

Unlösbare Probleme ?

Sage ich bei dem Satz

„Ich sage jetzt nicht die Wahrheit.“

die Wahrheit oder nicht ?

Behauptung: Ich sage die Wahrheit!

Dann würde der Satz ja stimmen.

D.h. ich würde nicht die Wahrheit sagen...das ist ein Widerspruch!

Behauptung: Ich sage nicht die Wahrheit!

Dann würde ich ja lügen und der Satz ja nicht stimmen.

Dann würde ja das Gegenteil *„Ich sage jetzt die Wahrheit“* stimmen.

Das ist aber ein Widerspruch zur Behauptung!

Keine der beiden Behauptungen ist wahr !

Gibt es unlösbare Probleme?

In Dortmund wohnt ein Barbier der genau diejenigen männlichen Einwohner von Dortmund rasiert, die sich nicht selbst rasieren.

PROBLEM: Rasiert sich der Barbier selbst oder nicht ?

Behauptung: Der Barbier rasiert sich selbst!

Geht nicht, weil er nur die Gruppe von Männern rasiert, die sich nicht selbst rasieren, und zu dieser Gruppe gehört er nicht!

Behauptung: Der Barbier rasiert sich nicht selbst!

Geht nicht, denn dann gehört er zu der Gruppe der Menschen, die sich nicht selbst rasieren...und genau diese Gruppe wird vom ihm rasiert und somit müsste er sich selbst rasieren!

Keine der beiden Behauptungen ist wahr !

Deshalb kann es keinen solchen Barbier geben !

Problem der Endlosschleife bei $P(x)$

Frage: *Hält $P(x)$ (Programm P bei der Eingabe x) oder gibt es eine Endlosschleife?*

Annahme: *Es gibt ein Programm „Halten(P, x)“, das entscheidet ob $P(x)$ hält.*

Dann gibt es auch folgendes Programm **Widerspruch(P)**:

Falls Halten(P, P) „ja“ liefert, gehe in Endlosschleife, sonst halte an.

Problem: Hält Widerspruch(Widerspruch) ?

Behauptung: *Widerspruch(Widerspruch) hält!*

Dann würde laut Annahme Halten($W., W.$), „ja“ liefern, d.h. $W.(W.)$ würde in eine Endlosschleife gehen ... Widerspruch zur Behauptung !

Behauptung: *Widerspruch(Widerspruch) hält nicht!*

Dann würde laut Annahme Halten($W., W.$) „nein“ liefern, d.h. $W.(W.)$ würde anhalten ... Widerspruch zur Behauptung !

Keine der beiden Behauptungen ist wahr !

Also kann es kein Programm $Widerspruch(P)$ geben !

Also kann es kein Programm $Halten(P, x)$ geben !

Problemklassen (im Master)

1. Unlösbare Probleme
 - Z.B. Endlosschleife
2. Lösbare Probleme, aber nicht effizient
3. Effizient lösbare Probleme

Fundamentale Fragen in der
Theoretischen Informatik:

Was können Computer *überhaupt* lösen?

Berechenbarkeitstheorie

Was können Computer *effizient* lösen?

Komplexitätstheorie

Wie bereits erwähnt:

***Es ist die Aufgabe eines Informatikers, herauszufinden, ob ein Problem lösbar ist
und falls ja, wie aufwendig die Lösung ist.***

unlösbar

