

# Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2019/20

<https://ls11-www.cs.tu-dortmund.de/teaching/ep1920vorlesung>

Dr.-Ing. Horst Schirmeier  
(mit Material von Prof. Dr. Günter Rudolph)

Arbeitsgruppe Eingebettete Systemsoftware (LS 12)  
und Lehrstuhl für Algorithm Engineering (LS11)

Fakultät für Informatik

TU Dortmund

## Wiederholung ausgewählter Themen

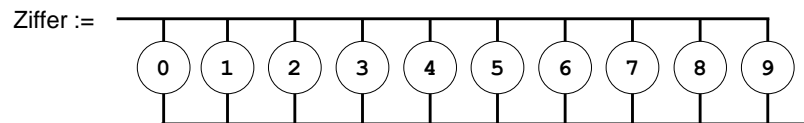
### Inhalt

- Kontextfreie Grammatiken
- Deterministische Endliche Automaten (DEAs)
- Polymorphie und virtuelle Methoden
- Zeigerarithmetik

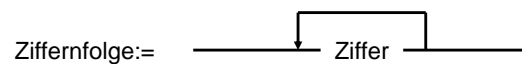
## Exkurs: Grammatiken

## Exkurs: Grammatiken

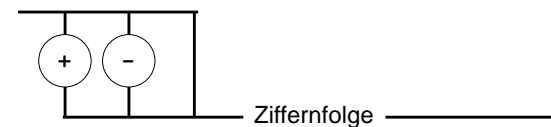
### Grafische Darstellung



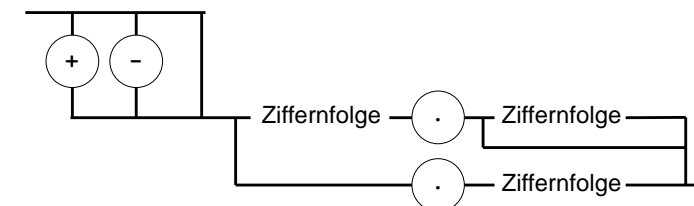
Ohne Pfeile: „von links nach rechts, von oben nach unten“



Ganzzahl mit Vorzeichen :=



Festkommazahlen :=



**Definition**

Eine **kontextfreie Grammatik**  $G = (N, T, S, P)$  besteht aus

- einer endlichen Menge von Nichtterminalen  $N$ ,
- einer endlichen Menge von Terminalen  $T$ ,
- einem Startsymbol  $S \in N$ ,
- einer endlichen Menge von Produktionsregeln der Form  $u \rightarrow v$ , wobei
  - $u \in N$  und
  - $v$  eine endliche Sequenz von Elementen von  $N$  und  $T$  ist, sowie
- der Randbedingung  $N \cap T = \emptyset$ .

**Beispiel**

$T = \{ +, -, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \}$

$N = \{ Z, A, D \}$

$S = \{ Z \}$

$Z \rightarrow +A$

$Z \rightarrow -A$

$Z \rightarrow A$

$A \rightarrow D$

$A \rightarrow AD$

$D \rightarrow 0$

$D \rightarrow 1$

...

$D \rightarrow 9$

= P

**Kompaktere Notation:**

$Z \rightarrow +A | -A | A$

$A \rightarrow D | AD$

$D \rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9$

**Beispiel**

$T = \{ +, -, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \}$

$N = \{ Z, A, D \}$

$S = \{ Z \}$

$Z \rightarrow +A | -A | A$

$A \rightarrow D | AD$

$D \rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9$

- Nichtterminale sind Platzhalter.
- Man kann dort eine Produktionsregel anwenden.
- Der Ersetzungsprozess endet, wenn **alle Nichtterminale durch Terminale ersetzt** worden sind.

**Beispiel**

$T = \{ +, -, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 \}$

$N = \{ Z, A, D \}$

$S = \{ Z \}$

$Z \rightarrow +A | -A | A$

$A \rightarrow D | AD$

$D \rightarrow 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9$

**Können wir mit dieser Grammatik +911 erzeugen?**

Start mit  $Z \rightarrow +A$ , wende Produktionsregel  $A \rightarrow AD$  auf  $A$  an, ergibt  $Z \rightarrow +AD$

Wende  $A \rightarrow AD$  auf  $A$  an, ergibt  $Z \rightarrow +ADD$

Wende  $A \rightarrow D$  auf  $A$  an, ergibt  $Z \rightarrow +DDD$ ,

Wende  $D \rightarrow 9$  auf das erste  $D$ ,  $D \rightarrow 1$  auf die übrigen  $D$  an, ergibt  $Z \rightarrow +911$ .

engl. FSM: finite state machine

Beispiele zum Üben

- Erstellen einer kontextfreien Grammatik  $G = (N, T, S, P)$  für die **Sprache aller Palindrome** aus den Buchstaben a, b, c
  - Beispielwörter: abcba, caabaac, abba
  - Gegenbeispiele: abcb, ab, acbacb
- Gegeben: kontextfreie Grammatik  $G = (N, T, S, P)$ 

$N := \{ S, A \}$   
 $T := \{ a, b \}$   
 $S := \{ S \}$   
 $P := \{ S \rightarrow bSbb \mid A, A \rightarrow aA \mid \epsilon \}$

$\epsilon$ : „leeres Wort“

  - Welche der folgenden Wörter sind in dieser Sprache? Welche Ableitungsregeln müssen angewendet werden, um sie zu bilden?  
**bbb, aaabbb, aaa, bbaabbbb, bbbb, bbbabbb**

Der DEA ist **zentrales Modellierungswerkzeug** in der Informatik.

Definition

Ein **deterministischer endlicher Automat** ist ein 5-Tupel  $(S, \Sigma, \delta, F, s_0)$ , wobei

- S eine endliche Menge von Zuständen,
- $\Sigma$  das endliche Eingabealphabet,
- $\delta: S \times \Sigma \rightarrow S$  die Übergangsfunktion,
- F eine Menge von Finalzuständen mit  $F \subseteq S$  und
- $s_0$  der Startzustand.

Er startet immer im Zustand  $s_0$ , verarbeitet Eingaben und wechselt dabei seinen Zustand. Er terminiert ordnungsgemäß, wenn Eingabe leer **und** ein Endzustand aus F erreicht.

⇒ Beschreibung eines Programms!

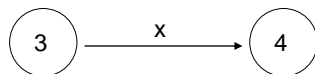
Grafische Darstellung

Zustände als Kreise

im Kreis der Bezeichner des Zustands (häufig durchnummeriert)



**Übergänge** von einem Zustand zum anderen sind **abhängig von der Eingabe**. Mögliche Übergänge sind durch Pfeile zwischen den Zuständen dargestellt; über / unter dem Pfeil steht das **Eingabesymbol**, das den Übergang auslöst.

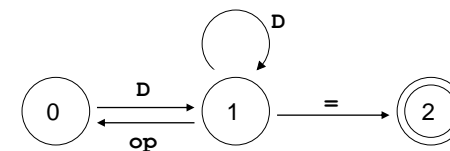


**Endzustände** werden durch „Doppelkreise“ dargestellt.



Beispiel:

Entwerfe DEA, der arithmetische Ausdrücke ohne Klammern für nichtnegative Ganzzahlen auf Korrektheit prüft.



Zustände  $S = \{ 0, 1, 2 \}$

Startzustand  $s_0 = 0$

Endzustände  $F = \{ 2 \}$

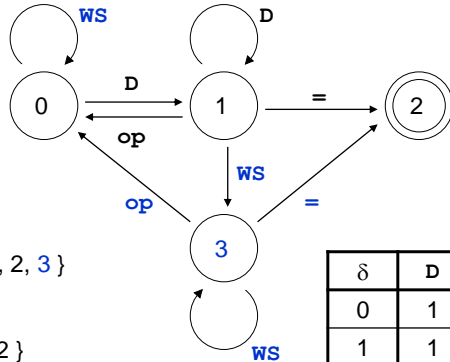
Eingabealphabet  $\Sigma = \{ D, op, = \}$

$\delta$	D	op	=
0	1	-1	-1
1	1	0	2
2	-	-	-

-1: Fehlerzustand

**Beispiel:**

Erweiterung: Akzeptiere auch „white space“ zwischen Operanden und Operatoren



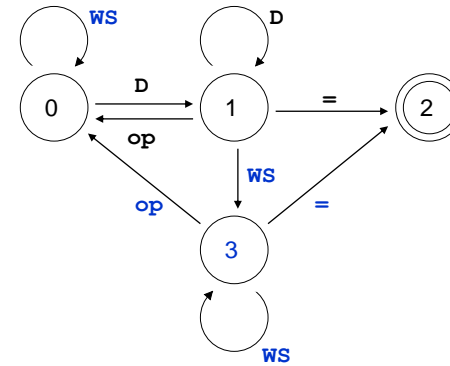
Zustände  $S = \{ 0, 1, 2, 3 \}$

Startzustand  $s_0 = 0$

Endzustände  $F = \{ 2 \}$

Eingabealphabet  $\Sigma = \{ D, op, =, WS \}$

$\delta$	D	op	=	WS
0	1	-1	-1	0
1	1	0	2	3
2	-	-	-	-
3	-1	0	2	3



Eingabe:

3+ 4 - 5=

durchlaufene Zustände?

- Zustand 0, lese D →
- Zustand 1, lese op →
- Zustand 0, lese WS →
- Zustand 0, lese D →
- Zustand 1, lese WS →
- Zustand 3, lese op →
- Zustand 0, lese WS →
- Zustand 0, lese D →
- Zustand 1, lese = →
- Zustand 2 (Endzustand)

**Beispiele zum Üben**

- Zeichnen Sie den DEA mit  $S := \{0, 1, 2, 3\}$ ,  $s_0 := 0$ ,  $F := \{1, 3\}$ ,  $\Sigma := \{a, b\}$  und der in der Tabelle dargestellten Übergangsfunktion  $\delta$ .

- Welche der folgenden Wörter wird von diesem Automaten akzeptiert, und welche Zustände werden dabei durchlaufen?
- **abbbabb, a, bbb, aa, abaaabb, bababab, bbbb**

- Entwerfen Sie einen DEA, der Wörter über dem Eingabealphabet  $\{ a, b \}$  akzeptiert, in denen die **Anzahl der vorkommenden „a“ durch 3 teilbar ist**.

$\delta$	a	b
0	3	2
1	3	2
2	3	1
3	2	3

```

class Polygon {
protected:
    int width, height;
public:
    void set_values(int a, int b) { width = a; height = b; }
    int area() { return 0; }
};
class Rectangle : public Polygon {
public:
    int area() {
        return width * height;
    }
};
class Triangle : public Polygon {
public:
    int area() {
        return width * height / 2;
    }
};
    
```

```
int sum_areas(int const n, Polygon **p) {
    int sum = 0;
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        sum += p[i]->area();
    }
    return sum;
}

int main()
{
    Rectangle r; r.set_values(3, 3);
    Triangle t; t.set_values(4, 2);
    Polygon *array[2] = { &r, &t };
    std::cout << sum_areas(2, array) << std::endl;
}
```

Ausgabe: 0

**Merke:**

- Zuweisungen sind **entlang der Vererbungshierarchie** möglich  
→ Objekt kann einem Objekt seiner Oberklasse zugewiesen werden
- Methoden sind (hier) **statisch** an Objekt gebunden  
→ zur Übersetzungszeit bekannte Methode wird ausgeführt  
→ Zuweisung eines Objekts einer abgeleiteten Klasse führt **nicht** zur Übernahme der überschriebenen Methoden der Unterklasse



Wenn man das haben möchte, dann müssten die Methoden der Unterklasse **zur Laufzeit** (bei der Zuweisung) an das Objekt **gebunden** werden.

→ **dynamische Bindung**

```
class Polygon {
protected:
    int width, height;
public:
    void set_values(int a, int b) { width = a; height = b; }
    virtual int area() { return 0; }
};

class Rectangle : public Polygon {
public:
    int area() {
        return width * height;
    }
};

class Triangle : public Polygon {
public:
    int area() {
        return width * height / 2;
    }
};
```

```
int sum_areas(int const n, Polygon **p) {
    int sum = 0;
    for (int i = 0; i < n; ++i) {
        sum += p[i]->area();
    }
    return sum;
}

int main()
{
    Rectangle r; r.set_values(3, 3);
    Triangle t; t.set_values(4, 2);
    Polygon *array[2] = { &r, &t };
    std::cout << sum_areas(2, array) << std::endl;
}
```

Ausgabe: 13

```

class Polygon {
protected:
    int width, height;
public:
    void set_values(int a, int b) { width = a; height = b; }
    virtual int area() = 0;
};
class Rectangle : public Polygon {
public:
    int area() {
        return width * height;
    }
};
class Triangle : public Polygon {
public:
    int area() {
        return width * height / 2;
    }
};
    
```

```

int main() {
// Nehmen Sie an, dass ein short int eine Größe von 16 Bit / 2 Bytes hat.
short x = 42;
short a[] = { 300, 301, 302 };
short *p1 = &a[2], *p2 = new short, *p3 = &x;
short **pp = &p1;
*p2 = 8;
// Zeitpunkt 1

++x;
p2 = p1;
a[0] = a[1] / 2;
// Zeitpunkt 2

*p2 = 0;
*(p2 - 2) = 23;
// Zeitpunkt 3

    p1++;
    // Zeitpunkt 4

    *(*pp - 2) = 5;
    **pp = 6;
    // Zeitpunkt 5
}
    
```

```

p1++;
// Zeitpunkt 4

*(*pp - 2) = 5;
**pp = 6;
// Zeitpunkt 5
}
    
```

	x	a[0]	a[1]	a[2]	p1	*p1	p2	*p2	p3	*p3	pp	*pp	**pp
1					996		2000		998		984		
2	...												