

# Kapitel 9: Zusatzfolien Codeerzeugung

1 Optimaler Registerverbrauch für Ausdrücke

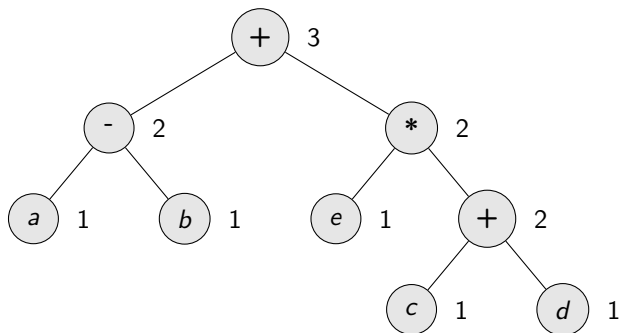
2 Baumübersetzungsverfahren

# Registerverbrauch bei Ausdrücken

## Problematik:

- Um eine Operation zu berechnen, berechne zunächst ihre Operanden.
- Wert eines Operanden wird in Register gespeichert; Für weitere Operanden steht ein Register weniger zur Verfügung.
- $\Rightarrow$  Optimaler Code berechnet Operanden mit kleinstem Registerverbrauch zuletzt.

# Baum mit Ershov-Zahlen



Ausdruck:  $(a - b) + e * (c + d)$

# Ershov-Zahlen

Ershov-Zahlen geben die Zahl der Register an, die zur Auswertung eines Ausdrucks benötigt werden.

Markieren eines Ausdrucksbaums:

- 1 Kennzeichne alle Blätter mit 1.
- 2 Bei 2 Kindern:
  - gleiche Kennzeichnung der Kinder: übernimm Kennzeichnung plus 1
  - sonst: nimm größte Kennzeichnung der Kinder
- 3 Allgemein: Für absteigend sortierte Markierungen der Kinder  $M_1, \dots, M_n$ :

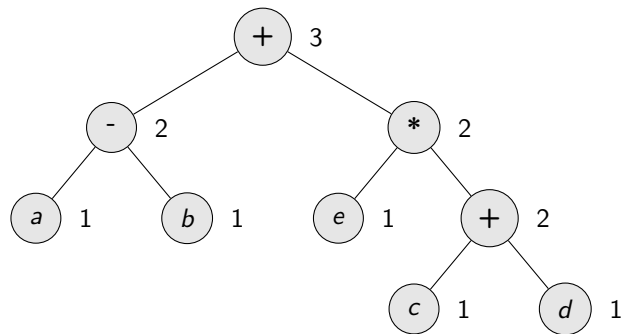
$$\max(M_1, M_2 + 1, \dots, M_n + (n - 1))$$

# Codeerzeugung

Mit rekursivem Algorithmus. Register werden relativ zu momentaner Basis  $b$  verwendet ( $R_b, R_{b+1}, \dots$ ). Beginne an der Wurzel mit Basis  $b = 0$ . Pro Knoten:

- 1 Sortiere Kinder nach absteigender Ershov-Zahl (Registerverbrauch).
- 2 Erzeuge Code für Kinderknoten  $K_0, K_1, \dots, K_{n-1}$  mit Basis  $b, b + 1, \dots, b + (n - 1)$
- 3 Erzeuge Operation: OP  $R_b, R_b, R_{b+1}, \dots, R_{b+n-1}$ .

# Anwendung



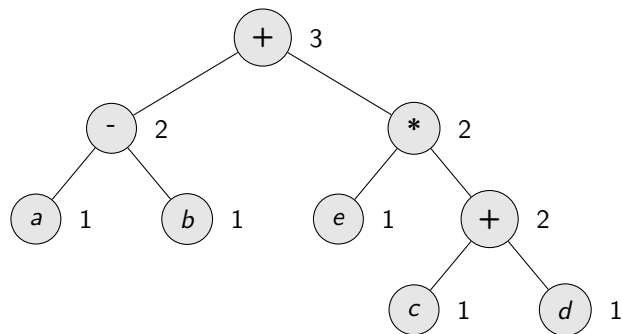
```
LD R0, d
LD R1, c
ADD R0, R1, R0
LD R1, e
MUL R0, R1, R0
LD R1, b
LD R2, a
SUB R1, R2, R1
ADD R0, R1, R0
```

# Auslagern

Modifikation bei beschränkter Registerzahl  $k$ :

- 1 Sortiere Kinder nach absteigender Ershov-Zahl (Registerverbrauch).
- 2  $b_0 \leftarrow b$ .
- 3 Für jeden Kinderknoten  $K_i \in \{K_0, \dots, K_{n-1}\}$ .
  - a Erzeuge Code für  $K_i$  mit Basis  $b$ .
  - b Falls Markierung des nächsten Kindes plus weitere Operanden  $M_{i+1} + n - i$  größer als  $k$ : Erzeuge Auslagerungsbefehl  
ST  $t_x, R_b$  ( $t_x$  ist eine neue Speicherstelle)
  - c  $b \leftarrow b + 1$ .
- 4 Lade ausgelagerte Operanden in Register  $R_b, R_{b+1}, \dots$ :  
LD  $R_b, t_x$ .
- 5 Erzeuge Operation: OP  $R_{b_0}, R_{b_0}, R_{b_0+1}, \dots, R_{b_0+n-1}$ .

## Anwendung bei 2 Registern



```
LD R0, d
LD R1, c
ADD R0, R1, R0
LD R1, e
MUL R0, R1, R0
ST t0, R0
LD R1, b
LD R0, a
SUB R1, R0, R1
LD R0, t0
ADD R0, R1, R0
```

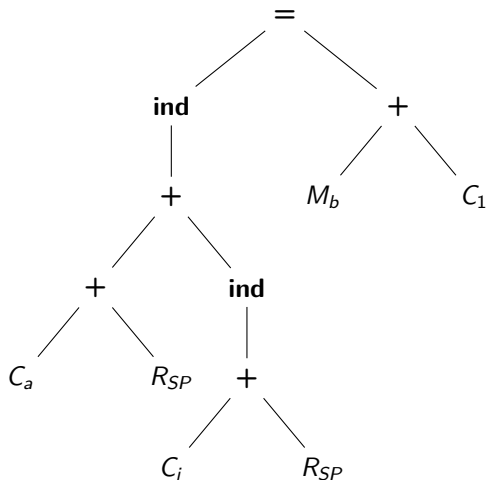


# Kapitel 9: Zusatzfolien Codeerzeugung

1 Optimaler Registerverbrauch für Ausdrücke

2 Baumübersetzungsverfahren

# Zwischencodebäume

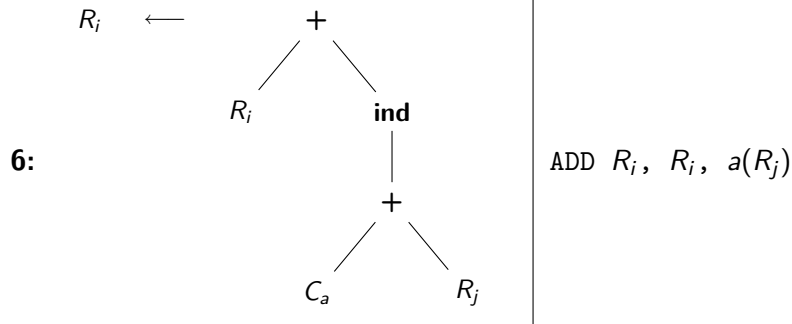
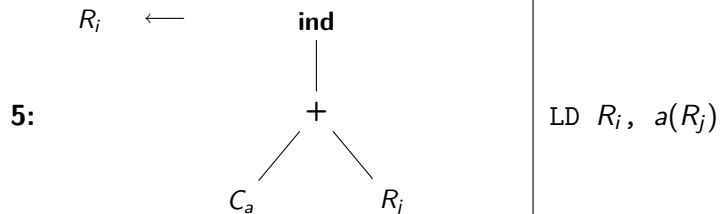


Zwischencodebaum für  $a[i] = b + 1$

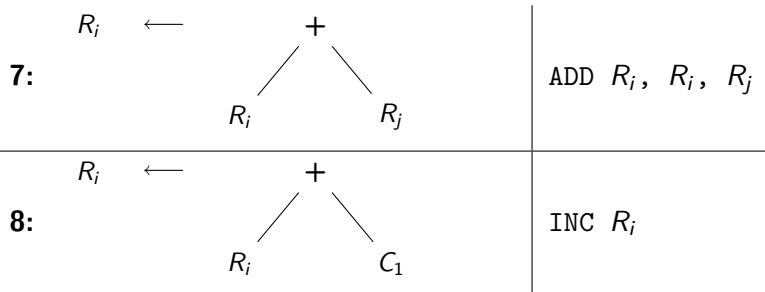
# Baumersetzungsregeln (1/3)

1:	$R_i \leftarrow C_a$	LD $R_i, \#a$
2:	$R_i \leftarrow M_x$	LD $R_i, x$
3:	$M \leftarrow \begin{array}{c} = \\ / \quad \backslash \\ M_x \quad R_i \end{array}$	ST $x, R_i$
4:	$M \leftarrow \begin{array}{c} = \\ / \quad \backslash \\ \mathbf{ind} \quad R_j \\   \\ R_i \end{array}$	ST * $R_i, R_j$

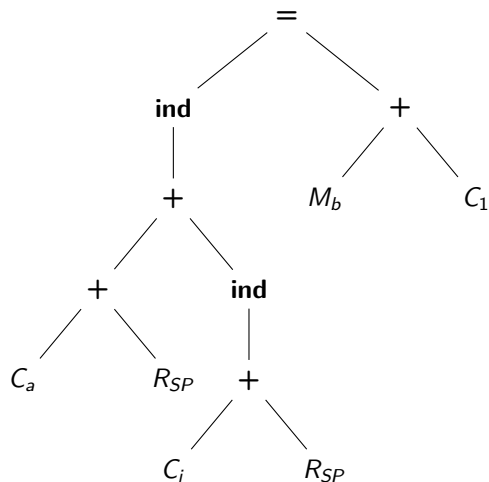
## Baumersetzungsregeln (2/3)



## Baumersetzungsregeln (3/3)

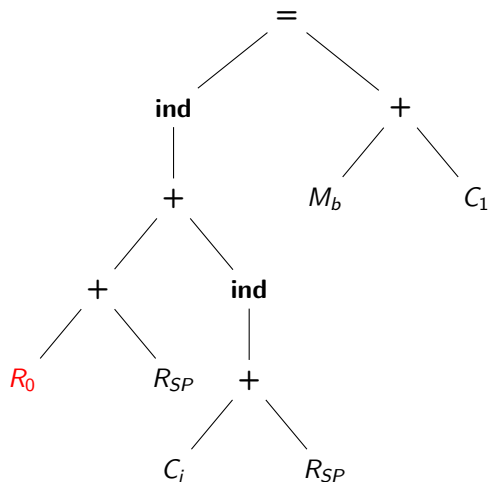


# Beispiel Baumübersetzungsverfahren



Anwendung von Regel **1** möglich

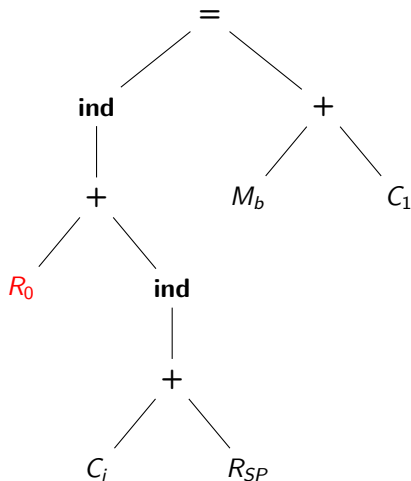
# Beispiel Baumübersetzungsverfahren



LD  $R_0$ , #a

Anwendung von Regel **7** möglich

# Beispiel Baumübersetzungsverfahren

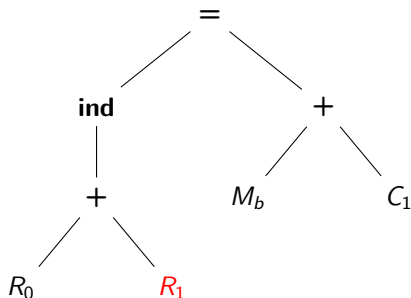


LD  $R_0$ , #a  
ADD  $R_0$ ,  $R_0$ ,  $R_{SP}$

Anwendung von Regel **5** möglich



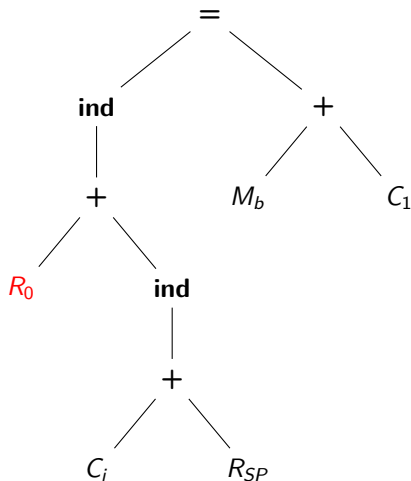
# Beispiel Baumübersetzungsverfahren



LD  $R_0$ , #a  
ADD  $R_0$ ,  $R_0$ ,  $R_{SP}$   
LD  $R_1$ ,  $i(R_{SP})$

Achtung: Es gibt eine Alternative

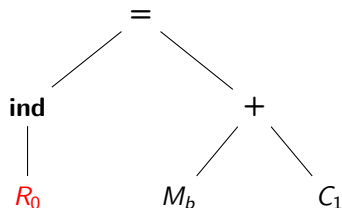
# Beispiel Baumübersetzungsverfahren



LD  $R_0$ , #a  
ADD  $R_0$ ,  $R_0$ ,  $R_{SP}$

Anwendung von Regel **6** möglich

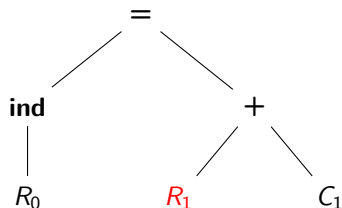
# Beispiel Baumübersetzungsverfahren



```
LD R0, #a
ADD R0, R0, RSP
ADD R0, R0, i(RSP)
```

Anwendung von Regel 2 möglich

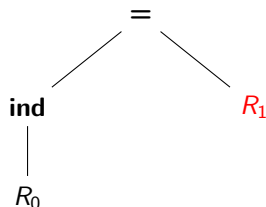
# Beispiel Baumübersetzungsverfahren



```
LD R0, #a
ADD R0, R0, RSP
ADD R0, R0, i(RSP)
LD R1, b
```

Anwendung von Regel **8** möglich

# Beispiel Baumübersetzungsverfahren



```
LD R0, #a
ADD R0, R0, RSP
ADD R0, R0, i(RSP)
LD R1, b
INC R1
```

Anwendung von Regel 4 möglich

# Beispiel Baumübersetzungsverfahren

*M*

```
LD R0, #a  
ADD R0, R0, RSP  
ADD R0, R0, i(RSP)  
LD R1, b  
INC R1  
ST *R0, R1
```

Baumreduktion ist abgeschlossen