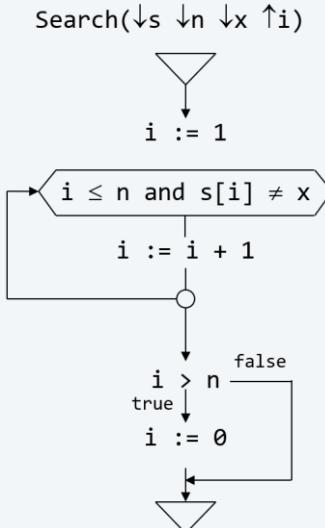


1 Der Algorithmusbegriff

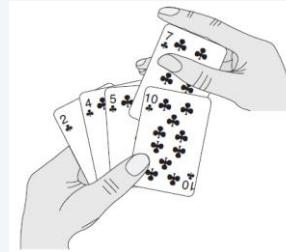
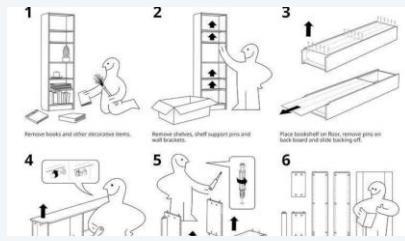


- 1.1 Was ist ein Algorithmus?
- 1.2 Aufbau von Algorithmen
- 1.3 Datenobjekte und ihre Datentypen
- 1.4 Verzweigungen und Schleifen
- 1.5 Algorithmen und ihre Schnittstellen
- 1.6 Darstellungsarten von Algorithmen
- 1.7 Struktur von Algorithmen
- 1.8 Algorithmen und Programme

1.1 Was ist ein Algorithmus?

Der Algorithmenbegriff ist ein **zentraler Begriff** der Informatik, aber Algorithmen sind keine Besonderheit der Informatik

Wir begegnen Algorithmen ständig im Alltag, oft ohne sie als solche zu erkennen



"**Algorithmisches Denken** ist eine allgemeine Methode, um Wissen zu organisieren" (D. Knuth)

"In nur wenigen Jahrzehnten hat das **Computational Thinking**, also das analytische, **von Algorithmen geprägte Denken** unser Leben, Arbeiten und Spielen von Grund auf verändert." (P. Curzon, P.W. McOwan)

Was ist ein Algorithmus?

Algorithmus = Problemlösungsvorschrift

- die Lösung einer Aufgabe bedarf einer eindeutigen Vorschrift, die genau festlegt, welche Aktionen (Handlungen) nacheinander auszuführen sind
- die formale Beschreibung einer solchen Lösungsvorschrift nennen wir Algorithmus (Algorithmus beschreibt Handlungen und deren Reihenfolge)

Ein Algorithmus ist im Wesentlichen eine „Anleitung zur Lösung einer Aufgabenstellung“

Beispiel: Größter gemeinsamer Teiler nach Euklid

Wenn p und q zwei positive, ganze Zahlen sind, lässt sich der größte gemeinsame Teiler (gcd) von p und q berechnen:

Schritt 1: Dividiere p durch q und bilde Rest r der Division

Schritt 2: Wenn $r = 0$, dann ist q der gesuchte gcd

Wenn $r \neq 0$, dann nenne q in p , und r in q um und wiederhole Schritt 1 und Schritt 2 solange, bis $r = 0$ geworden ist

Ablauf für

$$p = 378 \text{ und } q = 216$$

validieren: gehts auch für q größer p ?

Sei $p=378$ und $q=216$

0 Rest, es dreht sich um und geht bei der Tabelle rechts weiter

Schritt	p	q	r
1	378	216	162
2	216	162	162
1	216	162	54
2	162	54	54
1	162	54	0
2	162	54	0

$$\text{gcd}(378, 216) = 54$$

Eigenschaften von Algorithmen

Aus dem Beispiel lassen sich folgende **Eigenschaften** von Algorithmen ableiten

- Aneinanderreihung mehr oder weniger komplexer **Aktionen**
- Aktionen setzen sich i.d.R. aus **Elementaraktionen** zusammen
z.B. p/q - nicht aufteilbare Aktion
- Vorhandensein von **Datenobjekten**, auf die Aktionen angewandt werden und deren Zustandsänderung das Ergebnis einer Aktion darstellt
- Jedes Datenobjekt gehört zu einem bestimmten **Wertebereich**
Beispiel: positive, ganze Zahlen
- Es gibt einen Ausführenden, für den der Algorithmus bestimmt ist, wir nennen diesen **Prozessor**

Definition (Prozessor):

Unter einem *Prozessor* verstehen wir die treibende Kraft, die die Aktionen eines Algorithmus ausführt, z.B. Mensch oder Maschine. Der Algorithmus muss für den Prozessor eindeutig interpretierbar und ausführbar sein.

Beispiel Wertebereich: Funktioniert $p=42$, $q=-12$?

-- -12 liegt nicht im Wertebereich, ist also nicht relevant, Algorithmus ist also nicht anwendbar

Eigenschaften und Begriffsdefinition

Ein Algorithmus ist ein Problemlösungsverfahren mit folgenden charakteristischen Merkmalen

- ermittelt gesuchte aus gegebenen Datenobjekten (Zahlen, Texte, Bilder etc.)
- wird schrittweise ausgeführt
- ist (für den Prozessor, für den es bestimmt ist) eindeutig interpretierbar und ausführbar

Definition (*Algorithmus*):

Ein Algorithmus ist eine vollständige, präzise und in einer Notation oder Sprache mit exakter Definition abgefasste, endliche Beschreibung eines schrittweisen Problemlösungsverfahrens zur Ermittlung gesuchter Datenobjekte (ihrer Werte) aus gegebenen Werten von Datenobjekten, in dem jeder Schritt aus einer Anzahl ausführbarer, eindeutiger Aktionen und einer Angabe über den nächsten Schritt besteht.

Eigenschaften

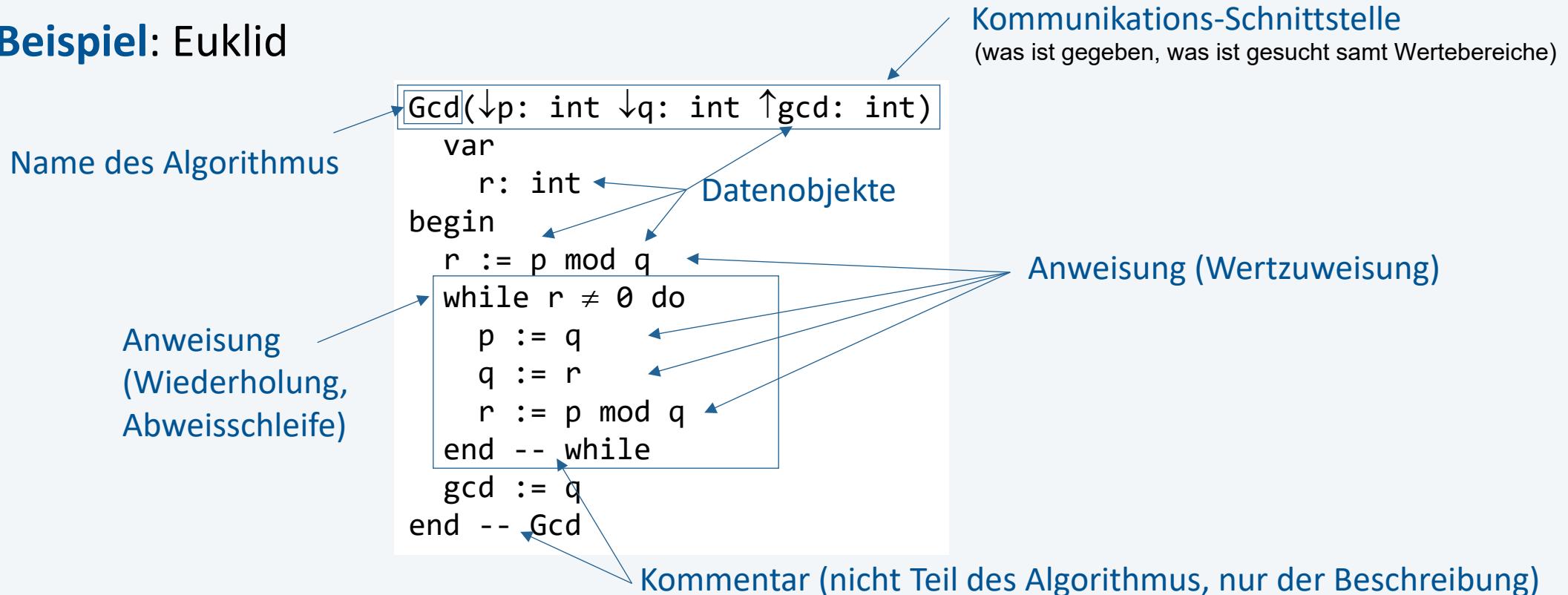
Korrektheit	Algorithmus erfüllt die seiner Entwicklung zugrundeliegende Spezifikation (siehe Kapitel 2)
Vollständigkeit	Der Algorithmus muss vollständig sein
Eindeutigkeit der Aktionen	Keine Interpretationsmöglichkeit des Ausführenden (Prozessor) Keine Unklarheiten bezüglich der Ausführung eines Schritts und der Wahl des nächsten Schritts
Ausführbarkeit der Aktionen	Vom Ausführenden darf nichts Unmögliches verlangt werden Der Algorithmus darf nicht in einen undefinierten Zustand geraten, z.B. bei Division durch 0
Statische Endlichkeit	Algorithmus muss mit endlich vielen Zeichen beschrieben werden können
Dynamische Endlichkeit	Ein Algorithmus, der die Werte für die gesuchten Datenobjekte oder gewünschte Effekte nach endlich vielen Schritten liefert , heißt abbrechend oder terminierend
Effizienz	Algorithmus erfüllt seinen Zweck unter bestmöglicher Ausnutzung aller benötigten Ressourcen (Ausführungszeit, Speicherplatz, Energie)

1.2 Aufbau von Algorithmen

Algorithmen **bestehen** aus **Datenobjekten** und **Anweisungen** (Aktionen) zu deren Manipulation

Algorithmen **kommunizieren** über eine **Schnittstelle** mit anderen Algorithmen

Beispiel: Euklid



Datenobjekte und Operationen

Datenobjekte können Werte aus verschiedenen **Wertebereichen** annehmen

42	13	-7
17.3	-27.3	0.07
'A'	'Z'	'4'
true	false	

... **ganze Zahlen** (zum Zählen, Index)

... **reelle Zahlen** (Berechnungen aus der Natur)

... **Zeichen aus Zeichensatz** (Kommunikation Maschine - Mensch)

... **Wahrheitswerte** (Überprüfung von Werten)

Die möglichen **Operationen** hängen (auch) vom Wertebereich ab
eindeutig

kind of definiert - programmiersprachenabhängig, deshalb wird das eher vermieden.

`13 * 14 + 5`



`13 * 'A'`



Algos werden so geschrieben,
dass sie möglichst universell
einsetzbar sind

`3.14 * -1.0 + 9.0`



`0 < true`



`'A' < 'Z'`



`42 * false`



Wertebereich und erlaubte Operationen werden durch Typisierung der Datenobjekte festgelegt

Wertzuweisung

Ausdruck: auswertbar, hat einen Wert

Name := Ausdruck

Der Wert eines Datenobjekts wird durch Wertzuweisung verändert

Wertzuweisung erfolgt durch Zuweisungsoperator (:=) nach Auswertung des **Ausdrucks** auf der rechten Seite

Beispiel: dem Datenobjekt i wird der Wert 42 zugewiesen



Auf der rechten Seite können beliebige Ausdrücke vorkommen

`value := 3.14 * -1.0 + 9.0`

$$3.14 \cdot (-1.0) + 9.0 = 5.86$$

`value: 5.86`

`f := 'A' < 'Z'`

$$'A' < 'Z' \rightarrow \text{true}$$

`f: true`

`i := i + 1`

$$i = i + 1 = 42 + 1 = 43$$

`i: 43`

1. Ausdruck auswerten
2. Ausdruck zuweisen

Wertzuweisung

Werden exakt in der Reihenfolge ausgeführt, in der sie aufgeschrieben sind

```
p := q  
q := r
```

Ausführungsreihenfolge

Beispiel: Veränderung der Reihenfolge

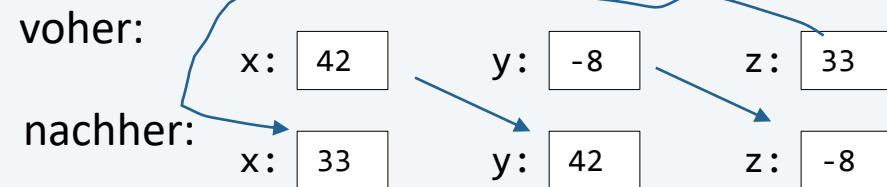
```
i := 3  
j := i * i  
i := i + 1
```

```
i := 3  
i := i + 1  
j := i * i
```

Beispiel: Inhalt von zwei kompatiblen Datenobjekten a und b vertauschen

```
t := b  
b := a  
a := t
```

Aufgabe: Inhalt in Datenobjekten x, y, z „nach rechts rotieren“



1.3 Datenobjekte und ihre Datentypen

Wir unterscheiden grundsätzlich zwei Arten von Datenobjekten

- solche, deren Wert während der Ausführung eines Algorithmus verändert werden kann, wir nennen sie deshalb **Variable**
- solche, deren Wert nicht verändert werden kann, wir nennen sie deshalb **Konstante**

Zu jedem Datenobjekt gehört ein bestimmter **Datentyp**

Definition (*Datentyp*):

Der Datentyp definiert die **Wertemenge**, aus der eine Variable einen Wert annehmen kann oder aus der eine Konstante stammt und die **Operationen**, die auf den entsprechenden Datenobjekten erlaubt sind.

Wir unterscheiden zwischen elementaren und strukturierten Datentypen und -objekten

Elementare Datenobjekte und Datentypen

Elementare Datentypen (kurz Typen) spezifizieren

- den **Wertebereich** der Datenobjekte
- die **Operationen**, die auf den Datenobjekte ausgeführt werden können
- die **Semantik** der Operationen

Das Ergebnis einer Operation hängt vom Typ der Operanden ab,
z.B. gilt in Pascal:

- ganze Zahl + ganze Zahl \Rightarrow ganze Zahl
- reelle Zahl + reelle Zahl \Rightarrow reelle Zahl
- ganze Zahl + reelle Zahl \Rightarrow reelle Zahl

$$17 + 4 \Rightarrow 21$$

$$17.0 + 4.0 \Rightarrow 21.0$$

$$17 + 4.3 \Rightarrow 21.3$$

Die wichtigsten elementaren Datentypen für unstrukturierte Datenobjekte sind:

- int, real, char, bool

Deklaration von Datenobjekten

Wir legen fest, dass jedes Datenobjekt (Variable oder Konstante) vor seiner Verwendung deklariert werden muss.

Wir führen dazu die Sprachkonstrukte `var` und `const` ein und definieren Datenobjekte folgendermaßen (Beispiele):

```
var
  temperature: real
  startNumber: int
  isPrime: bool
```

```
const
  pi: real = 3.141592
  maxSize: int = 100
```

Datenobjekte in diesem Sinne haben einen **Namen**, mit dem sie identifiziert werden können (z.B. `pi`), einen **Datentyp** (z.B. `real`) und einen **Wert** (z.B. `3.141592`).

Der Wert ist für Variable nach der Deklaration **undefiniert**; für Konstante wird er bereits bei der Deklaration festgelegt.

Der Datentyp *Integer* (kurz `int`)

- umfasst Teilmenge der ganzen Zahlen
 $\dots, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, \dots$
 - Wertebereich hängt von der Anzahl der verwendeten Bits ab
 - Wert einer 16-Bit-Zahl $b_{15}b_{14}b_{13}b_{12} \dots b_3b_2b_1b_0$ ist
$$b_{15} \cdot 2^{15} + b_{14} \cdot 2^{14} + \dots + b_2 \cdot 2^2 + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0$$
 - mit n Bits kann man 2^n verschiedene Zahlen darstellen
- | | |
|----------|-------|
| 2^0 | 1 |
| 2^1 | 2 |
| 2^2 | 4 |
| 2^3 | 8 |
| 2^4 | 16 |
| 2^5 | 32 |
| 2^6 | 64 |
| 2^7 | 128 |
| 2^8 | 256 |
| 2^9 | 512 |
| 2^{10} | 1024 |
| 2^{11} | 2048 |
| 2^{12} | 4096 |
| 2^{13} | 8192 |
| 2^{14} | 16384 |
| 2^{15} | 32768 |
| 2^{16} | 65536 |

Variante 1: Ein Bit für Vorzeichen

- um positive und negative Zahlen darstellen zu können, sind negative Zahlen durch $b_{15} = 1$ gekennzeichnet, bleiben $b_{14} \dots b_0$ für die verschiedenen Werte
- ergibt Wertebereich für 16-Bit-Zahlen: -32767 .. 32767

Zahlendarstellung

Variante 2: Mit 2-Komplement

- um einfach mit positiven und negativen Zahlen rechnen zu können, werden negative Zahlen als so genannte Komplemente dargestellt

$$-x = 2^{16} - x, \text{ für } n = 16$$

- Zahlenbeispiele für $n = 16$

0000 0000 0000 0000	0	0
0000 0000 0000 0001	2^0	1
0111 1111 1111 1111	$2^{15} - 1$	32767

1111 1111 1111 1111	$2^{16} - 1$	-1
1111 1111 1111 1110	$2^{16} - 2$	-2
1000 0000 0000 0000	$2^{16} - 2^{15}$	-32768

- Rechenbeispiele für $n = 4$

größte Zahl

$$0011 + 1111 = 0010, \quad 3 + (-1) = 2$$

$$0010 + 1101 = 1111, \quad 2 + (-3) = -1$$

kleinste Zahl

Operationen

Operationen für einen Operanden mit Ergebnis vom Typ int

+	positives Vorzeichen
-	negatives Vorzeichen

Operationen für je zwei Operanden mit Ergebnis vom Typ int

+	für die Addition
-	für die Subtraktion
*	für die Multiplikation
div	für die ganzzahlige Division (Rest wird nicht berücksichtigt)
mod	für den Rest bei der ganzzahligen Division

Operationen für je zwei Operanden mit Ergebnis vom Typ bool

=	ist gleich
<	ist kleiner als
\leq	ist nicht größer als

\neq	ist ungleich
>	ist größer als
\geq	ist nicht kleiner als

Typische Ausdrücke mit int-Datenobjekten

Beispiele:

Ausdruck	Wert	Anmerkung
+99	99	positives Vorzeichen
-99	-99	negatives Vorzeichen
5 + 3	8	Addition
5 - 3	2	Subtraktion
5 * 3	15	Multiplikation
5 div 3	1	ganzzahlige Division
5 mod 3	2	Rest bei der ganzzahligen Division
1 div 0		Laufzeitfehler
3 * 5 - 2	13	* hat Vorrang
3 + 5 div 2	5	div hat Vorrang
3 - 5 - 2	-4	von links nach rechts
(3 - 5) - 2	-4	mit Klammerung (besser)

Der Datentyp *Real* (*real*)

Mit Gleitkommazahlen können sehr kleine und sehr große Werte repräsentiert werden

- z.B. Ladung eines Elektrons, ca. $1.602 \cdot 10^{-19}$ Coulomb
- z.B. ein Lichtjahr, ca. $9.46 \cdot 10^{15}$ Meter

intern dargestellt als Mantisse und Exponent

Wertebereich und Genauigkeit hängen von der Aufteilung der Bits für Mantisse und Exponent ab

Operationen: +, -, *, /, =, ≠, <, >, ≤, ≥

Ausdruck	Wert
3.141 + 0.03	3.171
5.0 / 3.0	1.6666666666666667

Konsequenz: solche Rundungsfehler können sich summieren.



Also darf man nicht real Zahlen auf Gleichheit prüfen!

→ Eine Lösung wär zu prüfen, ob die Differenz der Zahlen innerhalb eines definierten Toleranzbereiches liegt

Beispiel: $\pi = 0.3141592 \cdot 10^1$
Mantisse: 3141592,
Exponent: 1

Mantisse sind immer die KommaZahlen bei Verschiebung auf 0, ; der Exponent erzeugt wieder den richtigen Wert

Achtung: durch Rundungsfehler kann Vergleich mit = oder ≠ unerwünschtes Ergebnis liefern

man kann nur Zahlen mit endlicher Genauigkeit speichern

real ist aus dem Grund z.B. nicht für Geld geeignet. Man kann beispielsweise die umgerechneten Centbeträge als int speichern

Der Datentyp *Boolean* (kurz `bool`)

- umfasst Wahrheitswerte `true` und `false` (es gilt `false < true`)
- Operationen für je zwei Operanden mit Ergebnis vom Typ `bool`

and

Konjunktion

or

Disjunktion

- Operation für einen Operand mit Ergebnis vom Typ `bool`

not

Negation

- Vergleichsoperationen `=, ≠, <, >, ≤, ≥`

a	b	a and b	a or b
false	false	false	false
false	true	false	true
true	false	false	true
true	true	true	true

a	not a
false	true
true	false

Typische Ausdrücke mit bool-Ergebnissen

Aufgabe: Erstellen Sie einen Ausdruck, der überprüft, ob die Werte in den drei int-Datenobjekten a, b und c gleich sind.

Aufgabe: Gegeben ist ein int-Datenobjekt year, das ein vierstelliges Jahr repräsentiert, z.B. 2024. Erstellen Sie einen Ausdruck, der überprüft, ob das Jahr in year ein Schaltjahr ist.

Schaltjahr:

1. Ein Jahr ist ein Schaltjahr, wenn es **restlos durch 4** teilbar ist.

2. Jedoch ist ein Jahr **kein** Schaltjahr, wenn es **restlos durch 100** teilbar ist.

3. Ein Jahr ist jedoch ein Schaltjahr, wenn es **restlos durch 400** teilbar ist.

$$(year \bmod 4) = 0$$

$$(year \bmod 100) = 0$$

$$(year \bmod 400) = 0$$

restlos durch 4

nicht restlos durch 100

restlos durch 400

Der Datentyp *Character* (kurz *char*)

- Repräsentiert die Menge eines Zeichensatzes (i.d.R. der verfügbaren druckbaren Zeichen), für uns mindestens

'a', 'b', ... 'z'

'A', 'B', ... 'Z'

'0', '1', ... '9'

- Teilmengen der Großbuchstaben, Kleinbuchstaben und Ziffern sind geordnet und zusammenhängend

'a' < 'b' ... < 'z'

'A' < 'B' ... < 'Z'

'0' < '1' ... < '9'

- Operationen $=$, \neq , $<$, ... für je zwei Operanden vom Typ *char* mit Ergebnis vom Typ *bool*
- Typische Ausdrücke mit *char*-Datenobjekten

var
x: char

'a' ≤ x and x ≤ 'z'

true ... x ist Kleinbuchstabe

'A' ≤ x and x ≤ 'Z'

true ... x ist Großbuchstabe

'0' ≤ x and x ≤ '9'

true ... x ist Ziffer

Ordinalzahlen

ASCII Zeichensatz hat Symbole und Buchstaben durchnummieriert. Diese Nummer = Ordinalzahl. `int("c")` liefert den Wert dieser Tabelle, z.B. 48. Das geht in beide Richtungen: `char(48) = "c"`

- Aufgrund der Ordnung kann jedem Zeichen eine Ordinalzahl (vom Typ int) zugeordnet werden

```
var  
  c: char  
  i: int
```

`Int(↓c)`

`Char(↓i)`

... liefert Ordinalzahl für Zeichen c

... liefert Zeichen der Ordinalzahl i

- es gilt

`Int(↓Char(↓i)) = i`

wenn `Char(↓i)` definiert ist

Im Speicher wird die Ordinalzahl gespeichert. Interpretiert als char, wird der zugehörige Buchstabe ausgegeben

`Char(↓Int(↓c)) = c`

- da Teilmengen zusammenhängend sind gilt

`Int(↓c) - Int(↓'0')`

Position von c innerhalb der Ziffern

`Char(↓i + Int(↓'0'))`

liefert i-te Ziffer

```
c := "7"      //man möchte den Wert als int in eine andere Variable speichern
```

```
i := c    //geht nicht, weil unterschiedliche Datentypen
```

```
int(c)-int("0") // dadurch dass die Ordinalzahlen subtrahiert werden, entsteht der tatsächliche int
```

Der Datentyp *String* (*string*)

Eine Zeichenkette (*string*) ist eine Folge von Zeichen, deren Anzahl von Zeichen begrenzt ist (maximale Länge); die tatsächliche Anzahl der Zeichen nennen wir „aktuelle Länge“

```
var  
  name: string  
  city: string
```

maximale Länge
z.B. 255 Zeichen

Durch Wertzuweisung kann der Inhalt (Wert) und die aktuelle Länge einer Stringvariablen verändert werden

```
name := "FH"      ← aktuelle Länge 2  
city := "Hagenberg" ← aktuelle Länge 9
```

Die Funktion *Length*(\downarrow *name*) liefert die aktuelle Länge (Zeichenanzahl) der Stringvariable *name*

```
Length( $\downarrow$ name) ← liefert 2  
Length( $\downarrow$ city)  ← liefert 9
```

length ist eine Operation auf strings

Operationen

Konkatenation mit Operator +

```
var  
  s: string  
  len: int
```

```
s := name + " " + city  
len := Length( $\downarrow$ s)
```

liefert "FH Hagenberg"

liefert 12

Datentypen: bei $s[2] := 'F'$

s ... string
'F' char
 $s[2]$ char liefert sicher nur einen Buchstaben

Zugriff auf einzelne Zeichen

```
var  
  c: char  
  
c := s[5]
```

```
s[2] := 'F'
```

oft beginnt man bei 0 zu zählen!
liefert 'a'

ändert 'H' auf 'F'

s[1]
"FH Hagenberg"
s[5]

"FF Hagenberg"
s[2]

der Zugriff ist nur auf Zeichen im Bereich $1..Length(\downarrow s)$ möglich

-- mögliche Programmierfehler

Beispiele

Beispiel: Hundearter in Menschenalter umrechnen

```
var  
    dogYears, humanYears: real
```

```
humanYears := 16.0 * Ln(↓dogYears) + 31.0
```

Beispiel: Lösung von $x^2 + bx + c = 0$

```
var  
    b, c, sq, x1, x2,  
    discriminant: real
```

```
discriminant := b*b - 4.0 * c  
sq := Sqrt(↓discriminant)  
x1 := (-b + sq) / 2.0  
x2 := (-b - sq) / 2.0
```

vll vorher Diskriminante auf
Positivität oder 0 prüfen, sonst
 $\text{sqrt}(-x)$ --> undefiniert in R

Beispiel: Validierung einer Zellreferenz, z.B 'A42'

```
var  
    s: string  
    correctInput: bool
```

```
correctInput := Length(↓s) = 3  
            and 'A' ≤ s[1] and s[1] ≤ 'Z'  
            and '0' ≤ s[2] and s[2] ≤ '9'  
            and '0' ≤ s[3] and s[3] ≤ '9'
```

1.4 Verzweigungen und Schleifen

Verzweigung

```
if Bedingung then  
    Anweisungen  
end
```

- wenn Bedingung erfüllt ist, werden Anweisungen zwischen then und end ausgeführt, sonst werden diese Anweisungen ignoriert
- Bedingungsauswertung muss Wahrheitswert {true, false} liefern
- beliebig viele Anweisungen zwischen then und end

Beispiele

```
if x < 0 then  
    x := -x  
end  
Write(↓x)
```

```
if a > b then  
    t := a  
    a := b  
    b := t  
end
```

```
if a > b then  
    if a > c then  
        Write(↓'a')  
    end  
end
```

```
if a < b then  
    min := a  
end  
if a >= b then  
    min := b  
end
```

umständlich!
siehe nächste Seite

Verzweigung

```
if Bedingung then  
    Anweisungen1  
else  
    Anweisungen2  
end
```

- wenn Bedingung erfüllt ist, werden Anweisungen₁ zwischen then und else ausgeführt
- sonst werden Anweisungen₂ zwischen else und end ausgeführt
- es werden immer entweder die Anweisungen₁ oder die Anweisungen₂ ausgeführt

Beispiele

```
if a < b then  
    min := a  
else  
    min := b  
end
```

```
if a < b then  
    min := a  
    max := b  
else  
    min := b  
    max := a  
end
```

```
if age >= 16 then  
    Write(↓'watch movie')  
else  
    if age >= 12 and withParents then  
        Write(↓'watch movie with parents')  
    else  
        Write(↓'not allowed to watch movie')  
    end  
end
```

Mehrwegverzweigung (Fallunterscheidung)

```
case Ausdruck of
    Fall1: Anweisungen1
    Fall2: Anweisungen2
    ...
    Falln: Anweisungenn
    otherwise: Anweisungen
end
```

- Es wird der Anweisungsblock ausgeführt, dessen Fallangabe mit dem Wert des Ausdrucks übereinstimmt
- Die Fallangaben dürfen sich nicht überschneiden

Beispiel

```
case grade of
    1: Write(↓'Sehr gut')
    2: Write(↓'Gut gut')
    3: Write(↓'Befriedigend')
    4: Write(↓'Genügend')
    5: Write(↓'Nicht genügend')
    otherwise: Write(↓'Fehler: Ungültige Note')
end -- case
```

```
if grade = 1 then
    Write(↓'Sehr gut')
else
    if grade = 2 then
        Write(↓'Gut gut')
    else
        if grade = 3 then
            Write(↓'Befriedigend')
        else
            if grade = 4 then
                Write(↓'Genügend')
            else
                if grade = 5 then
                    Write(↓'Nicht genügend')
                else
                    Write(↓'Fehler: Ungültige Note')
                end
            end
        end
    end
end
```

Abweisschleife (while-Schleife)

```
while Bedingung do  
    Anweisungen  
end
```

- solange die Bedingung erfüllt ist, werden die Anweisungen zwischen do und end (Schleifenrumpf) ausgeführt
- Bedingungsauswertung muss Wahrheitswert {true, false} liefern
- beliebig viele Anweisungen zwischen do und end

Beispiel: Berechne die Summe $1 + 2 + 3 + \dots + n$

```
sum := 0  
i := 1  
while i ≤ n do  
    sum := sum + i  
    i := i + 1  
end
```

Beachte: Schleifenrumpf muss nicht notwendigerweise ausgeführt werden (deshalb die Bezeichnung Abweisschleife)

Abweisschleife (while-Schleife)

Beispiel: Quadrate einer Zahlenfolge berechnen und ausgeben

```
Read(↑value)
while value > 0 do
    sq := value * value
    Write(↓'square = ' ↓sq)
    Read(↑value)
end
```

Eingabe:
3 5 9 0
Ausgabe:
square = 9
square = 25
square = 81

Eingabe:
25 0
Ausgabe:
square = 625

Eingabe:
0
Ausgabe:

Beispiel: Vielfache durch „x“ ersetzen

```
Read(↑x)
if x > 0 then
    i := 1
    while i <= 100 do
        if i mod x = 0 then
            Write(↓'x ')
        else
            Write(↓i ↓' ')
        end -- while
        i := i + 1
    end -- while
end -- if
```

Eingabe:
7
Ausgabe:
1 2 3 4 5 6 x 8 9 10 11 12 13 x 15 16 17 18 19 20 x ...

Eingabe:
2
Ausgabe:
1 x 3 x 5 x 7 x 9 x 11 x 13 x 15 x 17 x 19 x 21 x ...

Durchlaufschleife (repeat-Schleife)

```
repeat  
    Anweisungen  
until Bedingung
```

Anweisungen werden min. 1 Mal ausgeführt, weil die Bedingung erst am Ende geprüft wird

läuft bis die Bedingung erfüllt wird - umgekehrt zur while Schleife, welche läuft, solange die Bedingung erfüllt ist.

- Anweisungen werden solange ausgeführt, bis Bedingung erfüllt ist
- Bedingung ist Ausdruck, der Wahrheitswert liefert
- Beliebig viele Anweisungen zwischen repeat und until

Beispiel: Berechne Summe $1 + 2 + 3 + \dots + n$

```
sum := 0  
i := 1  
repeat  
    sum := sum + i  
    i := i + 1  
until i > n
```

zunächst werden Anweisungen ausgeführt

danach wird Ausdruck berechnet

Bedingung genau umgekehrt zur while Schleife

Wann verwendet man was: Wenn mindestens einmal ausgeführt wird, bildet sich die repeat-Schleife an.

Zählschleife

```
for Name := Startwert to Endwert do  
    Anweisungen  
end
```

```
for Name := Startwert downto Endwert do  
    Anweisungen  
end
```

- Anweisungen werden für alle Werte von Name (z.B. i) von Startwert bis Endwert ausgeführt → integer eignet sich
- die Laufvariable (z.B. i) ist ganzzahlig und läuft in äquidistanten Schritten aufwärts oder abwärts
- Endwert ist vorher bekannt (zum Zeitpunkt des Schleifeneingangs muss n bekannt sein. n soll nicht abhängig von Anweisungen in der Schleife)
- Laufvariable nicht in der Schleife verändern
- Wert der Laufvariable nach Schleife ist unbekannt →

Beispiel: Berechne Summe $1 + 2 + 3 + \dots + n$

```
sum := 0  
for i := 1 to n do  
    sum := sum + i  
end
```

Laufvariable wird automatisch inkrementiert

in manchen Programmiersprachen hat die Laufvariable nach der Schleife einen bestimmten Wert. Da sich das je nach Programmiersprache unterscheidet, soll man bei späterer Verwendung der selben Variable den gewünschten Wert neu zuweisen --> guter Programmierstil

1.5 Algorithmen und ihre Schnittstellen

Algorithmen **kommunizieren** i.d.R. mit ihrer „**Umwelt**“, d.h. mit anderen **Algorithmen** (von denen sie benutzt werden) und/oder mit **Geräten** (von denen sie benötigte Daten „lesen“ und/oder auf denen sie ihre Ergebnisse ausgeben)

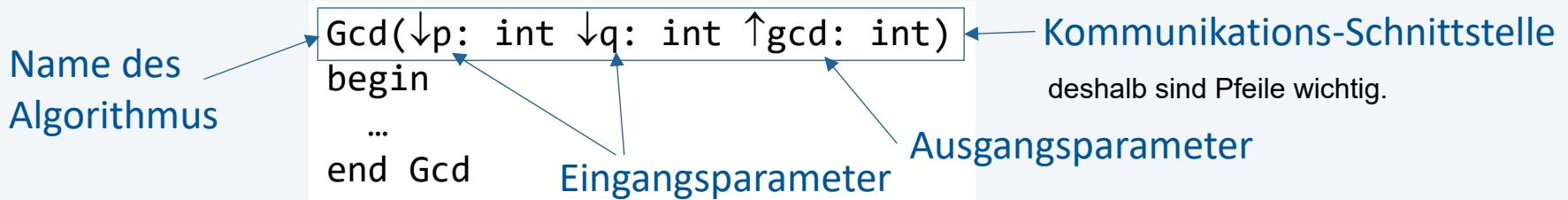
Zur Kommunikation mit der Umwelt besitzen Algorithmen sogenannte **Schnittstellen**, uzw.

- eine Kommunikations-Schnittstelle (für die Kommunikation mit anderen Algorithmen) und,
- wenn erforderlich, eine Geräteschnittstelle (für die Kommunikation mit Geräten)

Kommunikations-Schnittstelle - Deklaration

Dient zur Kommunikation mit anderen Algorithmen

Deklaration eines Algorithmus beschreibt, was der Algorithmus leistet



- Eingangsparameter (\downarrow) liefern dem Algorithmus jene Werte, die er bei seiner Ausführung für seine Berechnungen benötigt
- Ausgangsparameter (\uparrow) liefern dem Rufer am Ende der Algorithmenausführung die Ergebnisse der Berechnungen des Algorithmus
- Übergangsparameter ($\downarrow\uparrow$) liefern dem Algorithmus Werte, der Algorithmus ändert diese Werte und stellt sie nach der Algorithmenausführung dem Rufer zur Verfügung

Kommunikations-Schnittstelle - Aufruf

Verwendung (Aufruf) eines Algorithmus

Beispiel: Euklid

①
a := 378
b := 216
Gcd(↓a ↓b ↑c)
a := a div c
b := b div c
④ Aufruf

Parameterübergabe

Gcd(↓p: int ↓q: int ↑gcd: int)
begin
...
end Gcd

② Berechnung

Algorithmus

$$\begin{array}{r} :54 \\ 378 \quad 7 \\ \hline 216 = \frac{4}{:54} \end{array}$$

Ablauf:

Zustand	a	b	c	p	q	gcd
①	378	216				
②	378	216		378	216	
③	378	216	54	162	54	54
④	7	4	54	162	54	54

Kommunikations-Schnittstelle - Aufruf

Weitere Beispiele

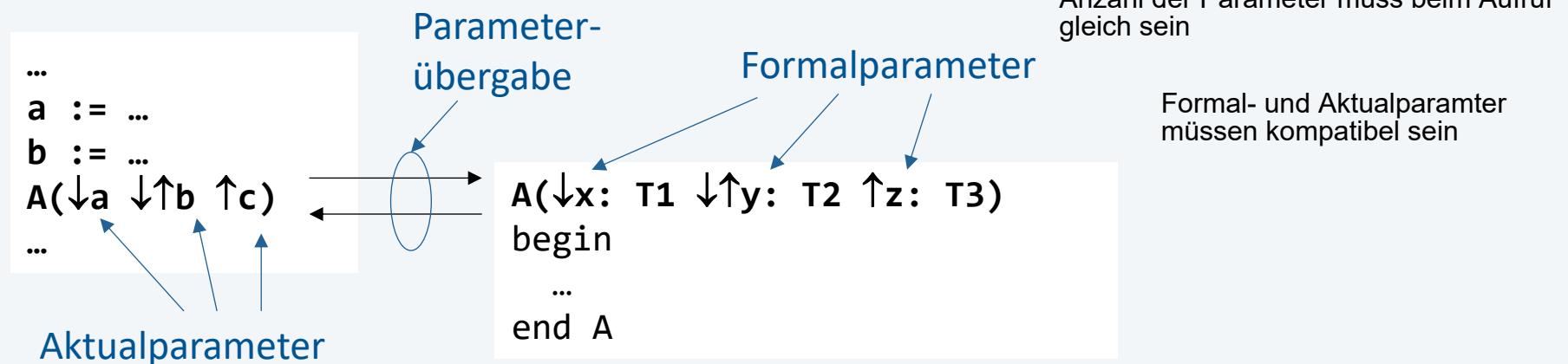
Minimum($\downarrow a \downarrow b \uparrow min$)

Berechne Minimum von a und b

Swap($\downarrow \uparrow a \downarrow \uparrow b$)

Vertausche Werte von a und b

Allgemeines Schema



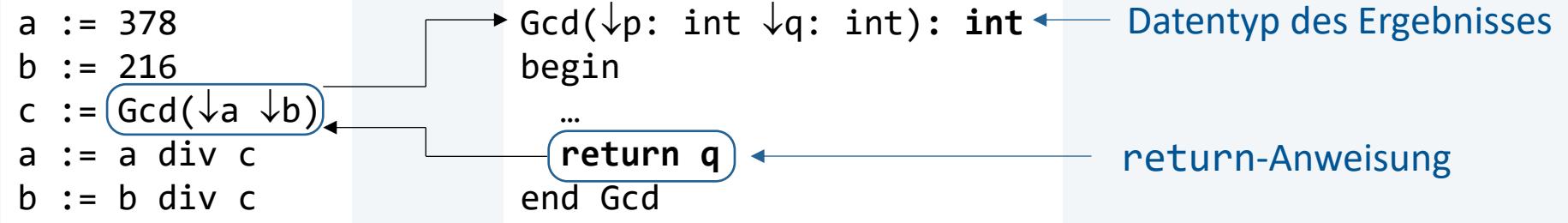
- Anzahl und Typen der Formal- und Aktualparam. müssen übereinstimmen
- empfohlene Reihenfolge: Eingangs-, Übergangs- und Ausgangsparameter

--> beim Definieren

Funktionsalgorithmen

Ein Algorithmus, der genau einen Wert liefert, kann auch als Funktion im Sinne der Mathematik, z.B. $\sin x$, aufgefasst werden

- Der Ausgangsparameter entfällt und wird durch den Datentyp des Ergebnisses (nach der Parameterliste) ersetzt
- Die Anweisung `return expr` liefert den Wert des Ausdrucks `expr` an den rufenden Algorithmus



- Aufruf kann auch in einem Ausdruck erfolgen

$y := \cos(\downarrow x) / \sin(\downarrow x)$

einfacher als

Vorteil: ein Funktionsaufruf ist ein direkter Ausdruck und es kann damit gerechnet werden
z.B. $\gcd(a,b)+5$

$\cos(\downarrow x \uparrow cx)$
 $\sin(\downarrow x \uparrow sx)$
 $y := cx / sx$

Return-Anweisung (`return`)

`return`

- Ermöglicht das vorzeitige Beenden einer Algorithmenausführung
(z.B. wenn das Ergebnis bereits feststeht oder eine Fortsetzung der Ausführung sinnlos ist)

Beispiel

```
FindValue(↓s: string ↓x: char ↑i: int)
begin
    i := Length(↓s)
    while i > 0 do
        if s[i] = x then
            return
        end -- if
        i := i - 1
    end -- while
end FindValue
```

suchen von hinten nach vorne

Wenn der Buchstabe nicht enthalten ist, wird der Wert 0 zurückgegeben, weil die Schleife bei $i=0$ beendet wird

Return-Anweisung und Funktions-Algorithmus

return Ausdruck

- Wenn in der Return-Anweisung ein Ausdruck angeführt wird, dann wird der Wert des Ausdruckes unter dem Namen des Algorithmus (der die Return- Anweisung enthält) an den rufenden Algorithmus übergeben.
- Dem Namen des Algorithmus muss (in der Schnittstellendefinition) ein Datentyp zugeordnet werden (Sicherstellung der Typkompatibilität!)

Beispiel

```
FindValue(↓s: string ↓x: char): int
    var i: int
begin
    i := n
    while i > 0 do
        if s[i] = x then
            return i
        end -- if
        i := i - 1
    end -- while
    return 0
end FindValue
```

Das Ergebnis des Suchvorganges wird hier nicht (wie bisher) durch einen Ausgangsparameter an den Rufer übergeben, sondern über den Namen des Algorithmus

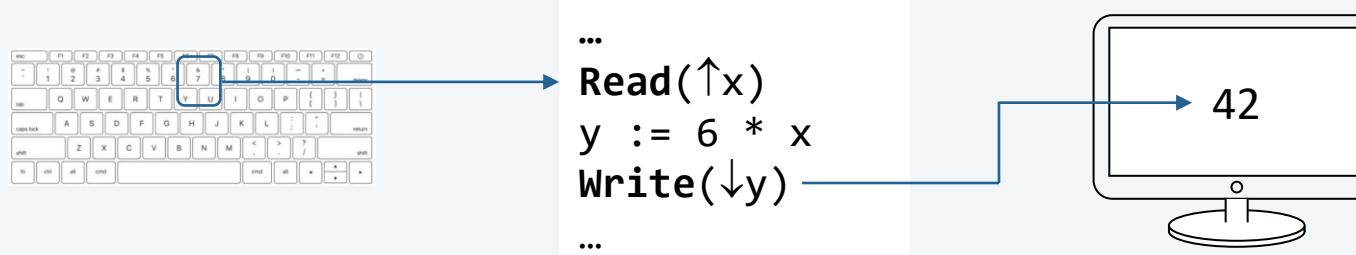
Verwendungsbeispiel:

```
if FindValue(↓s ↓'H') > 0 then
    ...
end
```

Geräteschnittstellen

Read hat einen Ausgangsparameter, weil der gelesene Wert einer Variable zugeordnet wird

Dienen zur Kommunikation mit Eingabe- und Ausgabegeräten



Anweisung Read liest von einem Eingabegerät den nächsten Wert und stellt diesen als aktuellen Wert der Variablen zur Verfügung

Read($\uparrow i$)

Read($\uparrow r$)

var
i: int
r: real

Anweisung Write schreibt die aktuellen Werte der Ausdrücke auf ein Ausgabegerät

Write($\downarrow i$)

Write($\downarrow i \downarrow 42$)

Write($\downarrow 42$)

Write($\downarrow i \downarrow 42 \downarrow 'B'$)

1.6 Darstellungsarten von Algorithmen

Es gibt eine Vielzahl von Vorschlägen, eine Auswahl davon sind:

- Grafische Darstellungsformen: Ablaufdiagramm, Struktogramm
 - Text-basierte Darstellungsformen: Stilisierte Prosa, Pseudocode, Programmiersprache

Aufgabenstellung für Beispiel:

Stilisierte Prosa

Algorithmus

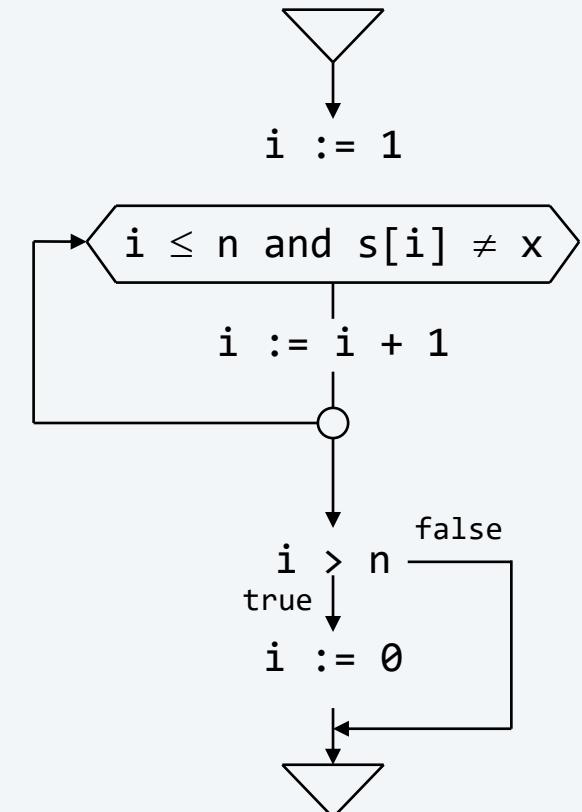
- S1: *Initialisierung:* Setze i auf 1
- S2: *Gefunden?* Wenn das i -te Zeichen von s gleich x ist,
gehe zu S4, sonst erhöhe i um 1
- S3: *Ende der Zeichenkette?* Wenn $i \leq n$ ist, gehe zurück zu S2,
sonst setze i auf 0
- S4: *Fertig!* Ende des Algorithmus

- kommt ohne Formalismen aus
- für den Laien (scheinbar) leicht verständlich
- Ablaufstruktur des Algorithmus ist nur schwer erkennbar

Ablaufdiagramme

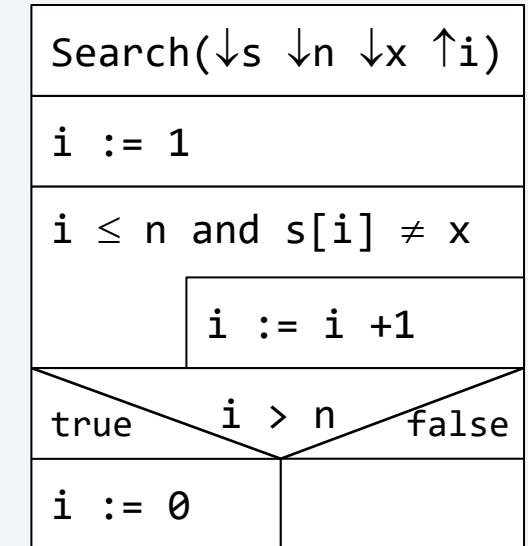
- Verwendung halbgrafischer Formalismen
- Eindeutigkeit besser herstellbar bei Verwendung genormter Symbole
- Ablaufstruktur gut erkennbar
- Verleitung zu unbeschränkten Ablaufstrukturen
- Ohne Werkzeuge schwierig zu erstellen und zu pflegen
- Verschiedene Ausprägungen der einzelnen Symbole wie Wiederholungen und Verzweigungen

Search($\downarrow s \downarrow n \downarrow x \uparrow i$)



Struktogramme

- auch Nassi-Shneiderman-Diagramme genannt
- Verwendung halbgrafischer Formalismen
(in Analogie zu Ablaufdiagrammen)
- Wenige genormte Symbole
- Ablaufstruktur gut erkennbar
- Unbeschränkte Ablaufstrukturen nicht möglich
- Ohne Werkzeuge kaum zu erstellen und
zu pflegen (Beschränkung auf kleine Diagramme)
- Veraltete Darstellungsweise



Pseudocode

- an Programmiersprachen angelehnt, aber einfacher (Beseitigung von syntaktischem Ballast)
- Typen für Variablen/Parameter können weggelassen werden

```
Search(↓s: string ↓n: int ↓x: char ↑i: int)
begin
    i := 1
    while (i ≤ n) and (s[i] ≠ x) do
        i := i + 1
    end
    if i > n then
        i := 0
    end
end Search
```

Programmiersprachen

- Programmiersprache hat eine eindeutige Syntax
- wenig Freiheit in der Formulierung, oft schwer zu lesen
- Präziseste und vollständigste Möglichkeit der Algorithmenbeschreibung

Pascal

```
PROCEDURE Search(s: STRING; n: INTEGER; x: CHAR; VAR i: INTEGER);  
BEGIN  
    i := 1;  
    WHILE (i <= n) AND (s[i] <> x) DO  
        i := i + 1;  
    IF i > n THEN  
        i := 0  
    END; (* Search *)
```

C

```
int search(char s[], int n, char x) {  
    int i = 0;  
    while (i < n && s[i] != x)  
        i++;  
    if (i == n)  
        i = -1;  
    return i;  
} // search
```

Welche Darstellungsart wofür?

- Ablaufdiagramm/Struktogramm: für visuelle orientierte Persönlichkeiten
- Pseudocode: halbformal, kurz, präzise, sprachunabhängig, für Algorithmenbücher und Vorlesungsunterlagen
- Programmiersprache: zur Übersetzung und Ausführung auf einem Computer

Kriterien	S. Prosa	Ablaufdiagr.	Strukturgr.	Pseudocode	Pgm.Sprache
Lesbarkeit	-	++	++	+	+/-
Schreibaufwand	--	+/-	--	+	-
Eindeutigkeit	--	+	+	+	++
Strukturierbarkeit	--	-	++	+	+/-
Datendarstellung	--	-	-	+	++
Flexibilität	++	+	+	+	--

1.7 Struktur von Algorithmen

(wieviele Schleifen, Verzweigungen etc.)

Die Struktur eines Algorithmus ist von größter Wichtigkeit für seine Qualität

Fragen zur Gestaltung der Struktur eines Algorithmus sind daher von zentraler Bedeutung

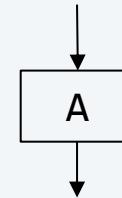
Daher stellen sich folgende Fragen:

- Welche Bausteine man jedenfalls benötigt, um alle denkbaren Algorithmen formulieren zu können?
- Welche Bausteine wirken sich (bei richtiger Verwendung) positiv auf die Qualität eines Algorithmus aus?
- Welche Bausteine wirken sich negativ auf die Qualität eines Algorithmus aus?
- Wie kann man die Strukturqualität von Algorithmen messen?

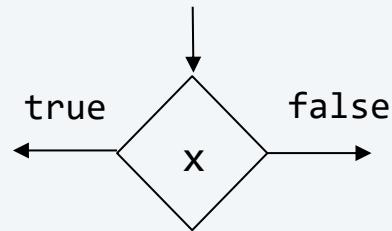
Unbeschränkte Ablaufstrukturen

Alle Konstruktionen zur Ablaufsteuerung lassen sich auf zwei Elemente zurückführen

- elementare Aktion mit einem Eingang und einem Ausgang



- binäre Verzweigung mit einem Eingang und zwei Ausgängen



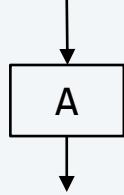
Probleme:

- keine Übereinstimmung zw. statischer u. dynamischer Struktur
- Fremdheit und Vielfalt der Muster
- Quadratisches Wachstum der Pfade

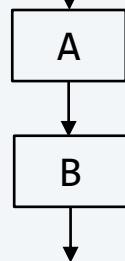
Beschränkte Ablaufstrukturen

Beschränkung der Ablaufstrukturen auf wenige Elemente

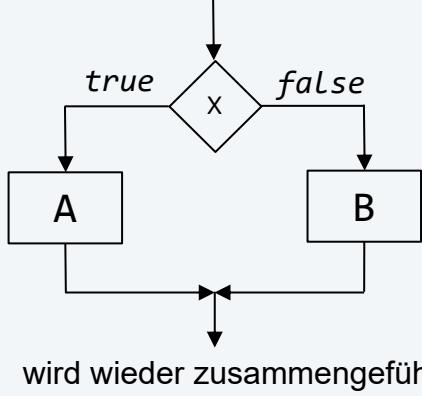
Elementaraktion



Sequenz

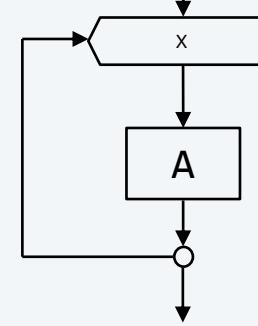


Binäre Verzweigung



eigentlich egal welche Schleife

Abweisschleife

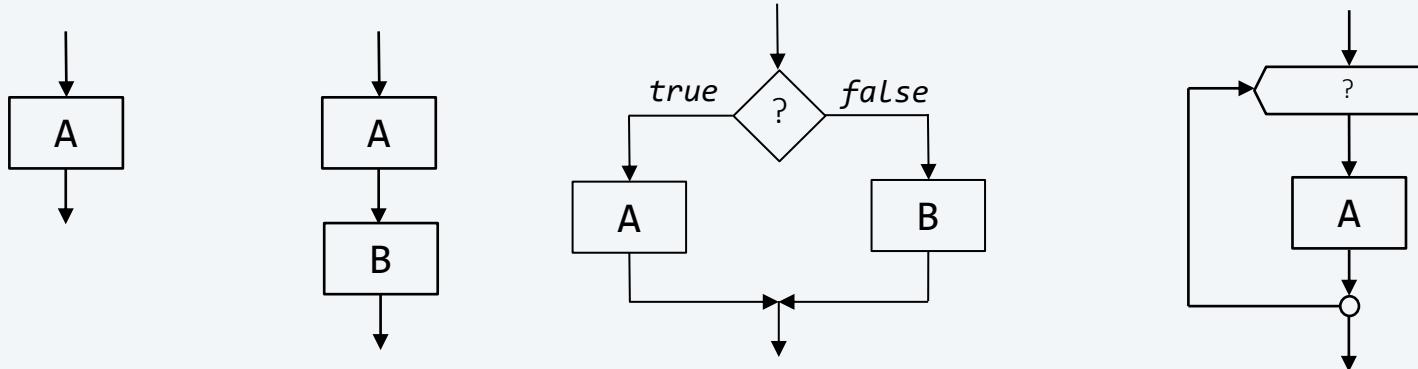


Diese Elemente reichen aus – jedoch sind weitere Elemente sinnvoll

D-Diagramme (benannt nach dem Erfinder E. W. Dijkstra)

D-Diagramme sind Ablaufdiagramme, in denen nur die fünf Muster Elementaranweisung, Sequenz, Verzweigung (2x) und Abweisschleife vorkommen:

1. Die Elementaranweisung ist ein D-Diagramm.
2. Wenn A und B D-Diagramme sind, dann sind auch



D-Diagramme.

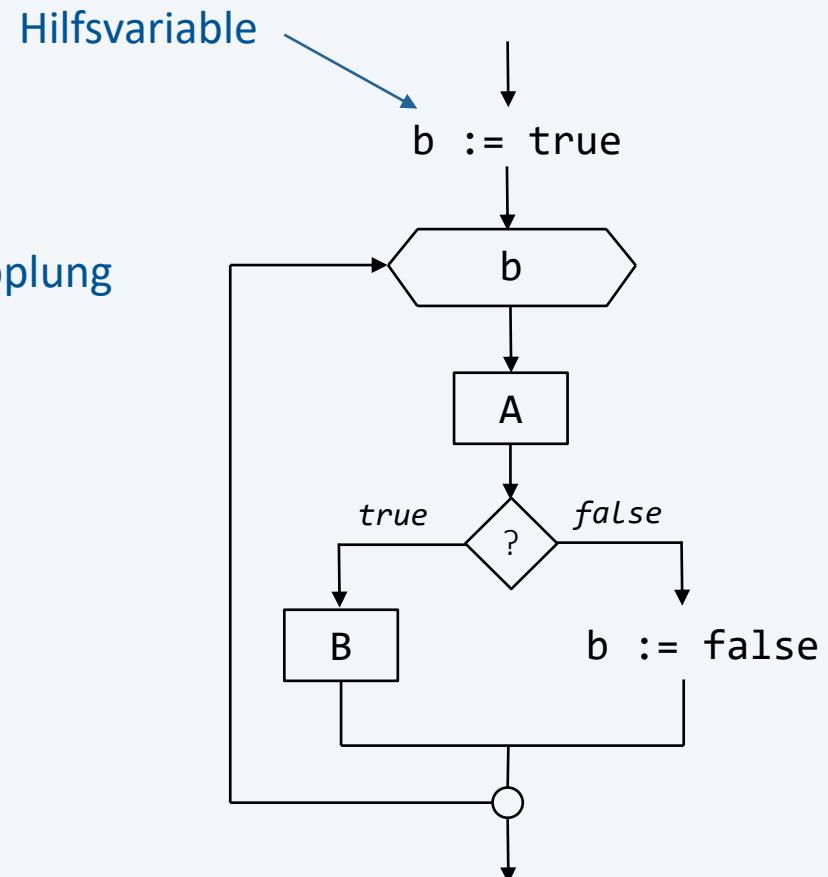
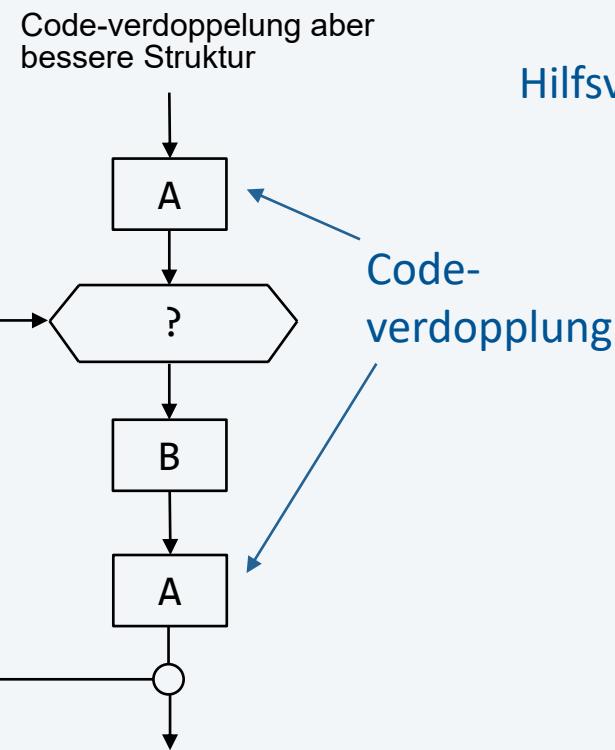
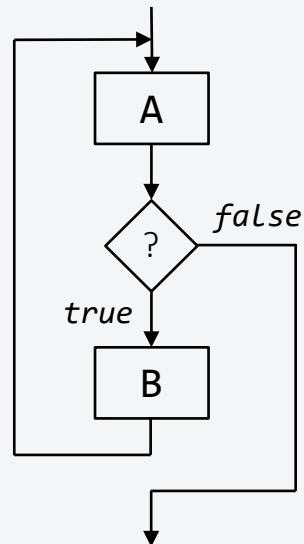
3. Nichts anderes ist ein D-Diagramm.

Diese Konstrukte bilden die Basis der **strukturierten Programmierung**

Zu jedem Ablaufdiagramm gibt es ein äquivalentes D-Diagramm

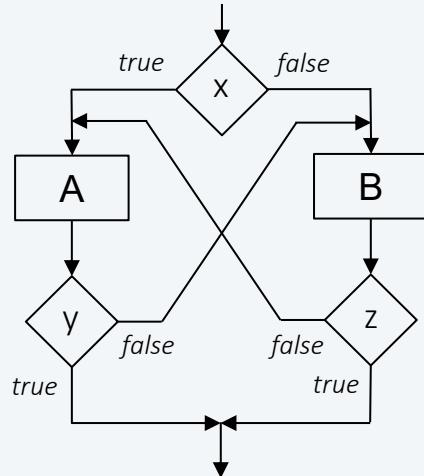
D-Diagramme

Beispiel: Transformation einer unbeschränkten Ablaufstruktur in ein D-Diagramm durch Codeverdopplung oder durch Hilfsvariablen



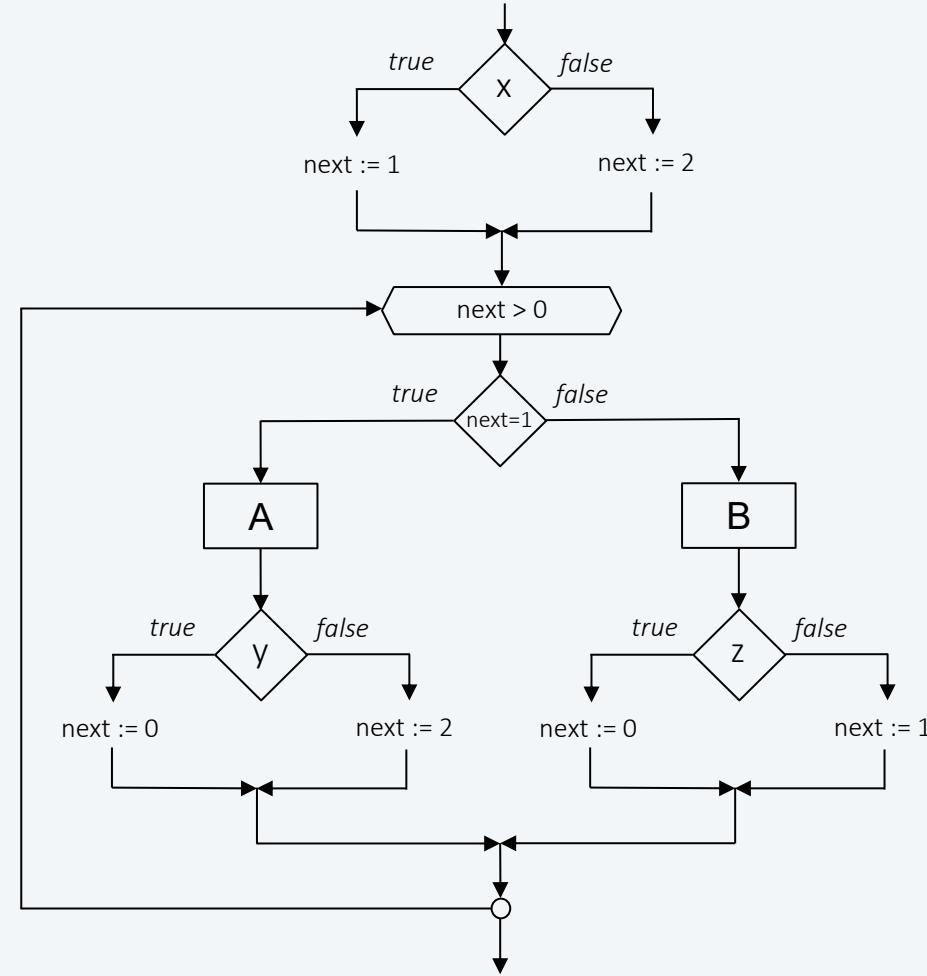
D-Diagramme

Beispiel: Transformation einer Kreuzstruktur



unstrukturiert aber leichter verständlich

nicht notierbar ohne goto Anweisungen



strukturiert aber länger

Strukturierte Programmierung

Vorteile:

- Im Wesentlichen lineares Wachstum der Schwierigkeit mit der Programmlänge
- Gute Korrelation zwischen statischer und dynamischer Struktur
- Einfachheit und Bekanntheit der Muster

Nachteile:

- Unbequemlichkeit
- Manchmal (selten) auch Unklarheit durch Aufblähung
- Ineffizient: durch Codeverdopplung mehr Schreibaufwand, durch überflüssige Verzweigungen mehr Ausführungszeit

D-Diagramm-Elemente sind die Grundbausteine der **strukturierten Programmierung**

Strukturkomplexität (V)

- Da die Qualität eines Algorithmus essentiell von der Ausprägung seiner Struktur abhängig ist, möchte man ein Maß für die Strukturkomplexität eines Algorithmus (um Programmstrukturen hinsichtlich ihrer Qualität miteinander vergleichen zu können)
- Viele Vorschläge, einfaches Maß: Strukturkomplexität V nach McCabe
- Annahme von McCabe: Komplexität hängt nur von den Verzweigungen und nicht von der Ausgestaltung der Aktionen ab

Axiome (festgelegt, keine Naturgesetze)

1. $V = 1$ für Algorithmus mit 1 Pfad
2. Hinzufügen einer binären Verzweigung erhöht V um 1

- Strukturkomplexität $V = 1 + \text{Anzahl der binären Verzweigungen}$
- Strukturkomplexität sollte ≤ 10 sein

Essentielle Strukturkomplexität (EV)

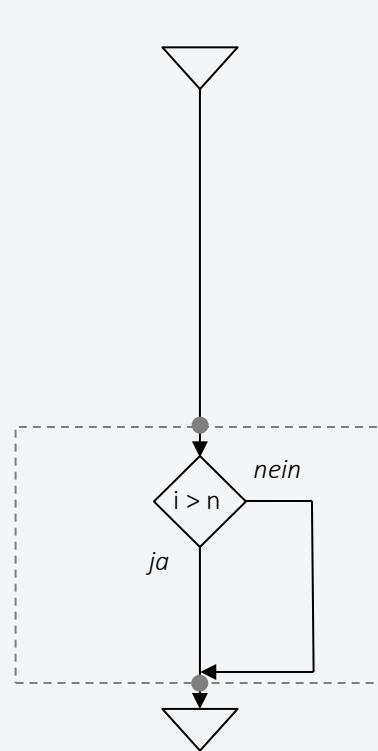
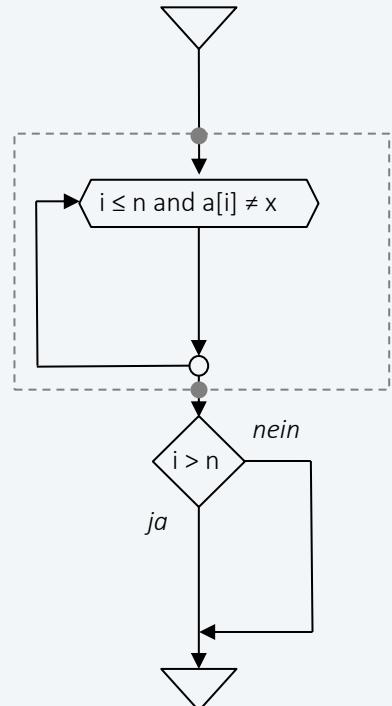
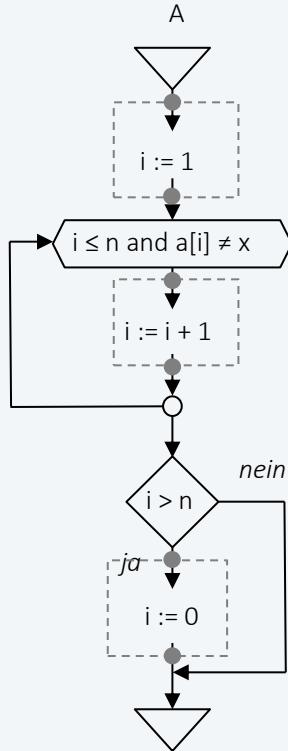
- Strukturkomplexität V nach McCabe ist kein Maß, das Auskunft über die Strukturiertheit/Unstrukturiertheit eines Algorithmus gibt
- Um auch dafür ein Maß zu haben, wurde die essentielle Strukturkomplexität EV eingeführt

Definition (Essentielle Strukturkomplexität, EV)

$EV(A)$ eines Algorithmus A ist die Strukturkomplexität $V(A')$, wobei A' der Algorithmus ist, der sich aus A durch Reduktion aller D-Diagrammanteile zu einzelnen Knoten ergibt

- Berechnung von EV :
 1. Berechne V nach McCabe
 2. Reduziere alle D-Diagrammanteile bis nichts mehr zu reduzieren ist
 3. Von dieser neuen Struktur berechne wieder V nach McCabe = EV

Strukturkomplexität (Beispiele)

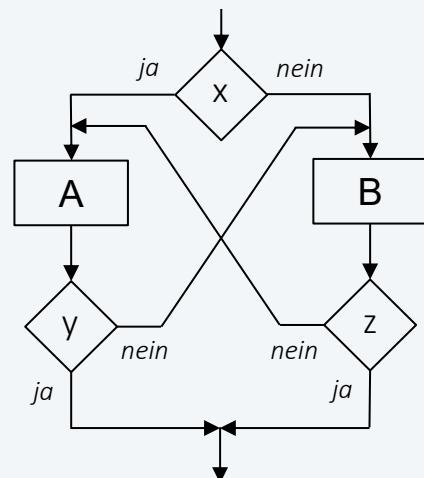


$$V(A) = 3 (=1 + 1 \text{ (Abweisschleife)} + 1 \text{ Verzweigung})$$

$$EV(A) = 1$$

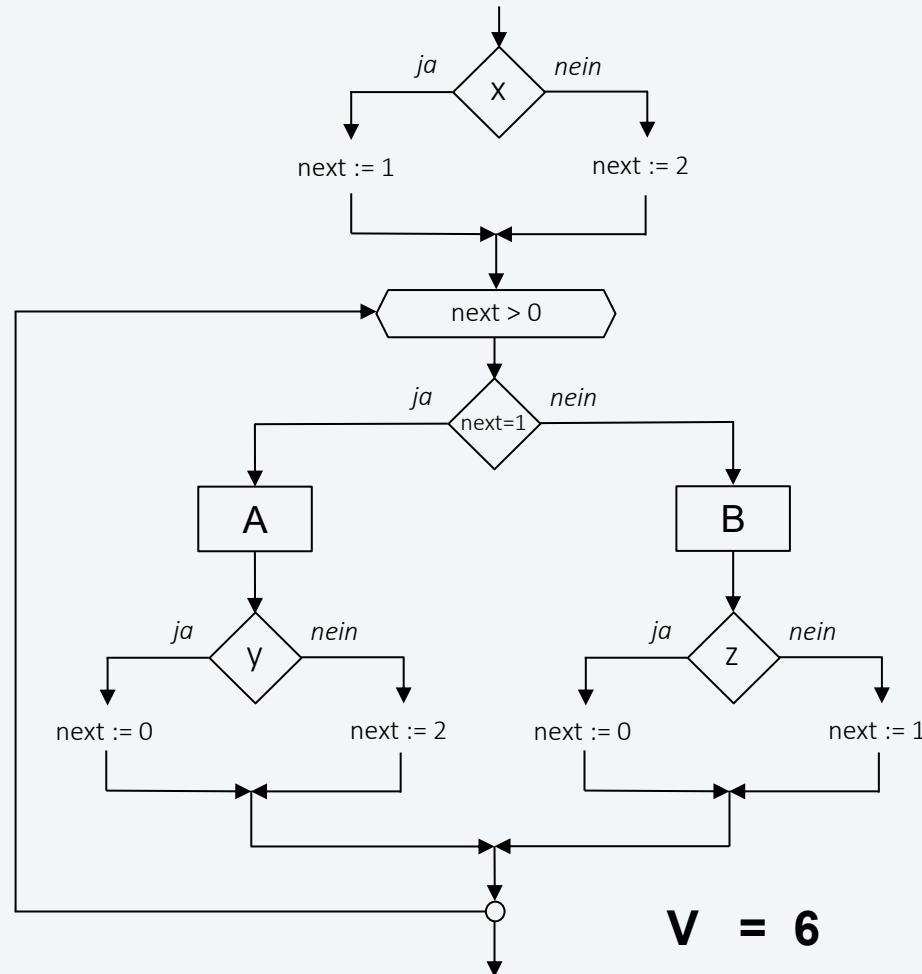
$$V(A') = 1$$

Strukturkomplexität (Beispiele)



V = 4

EV = 4



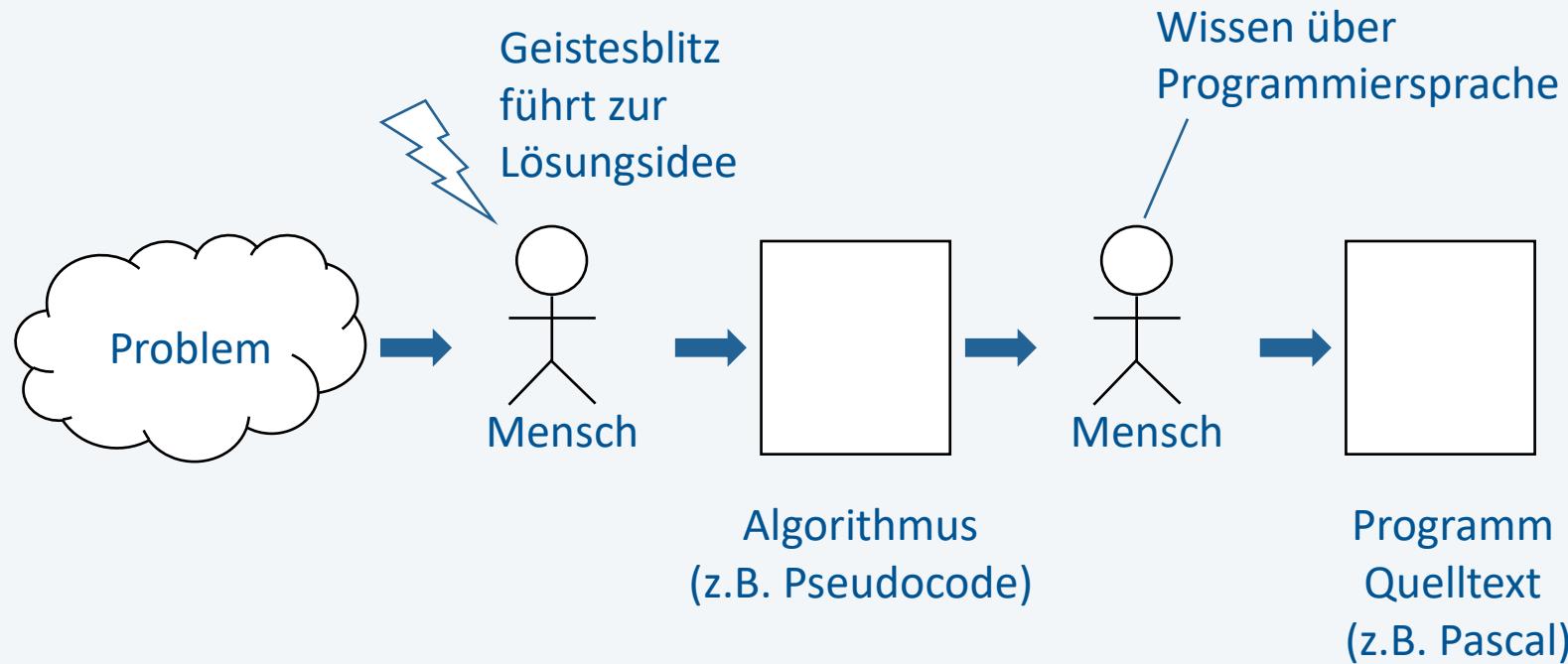
V = 6

EV = 1

1.8 Algorithmen und Programme

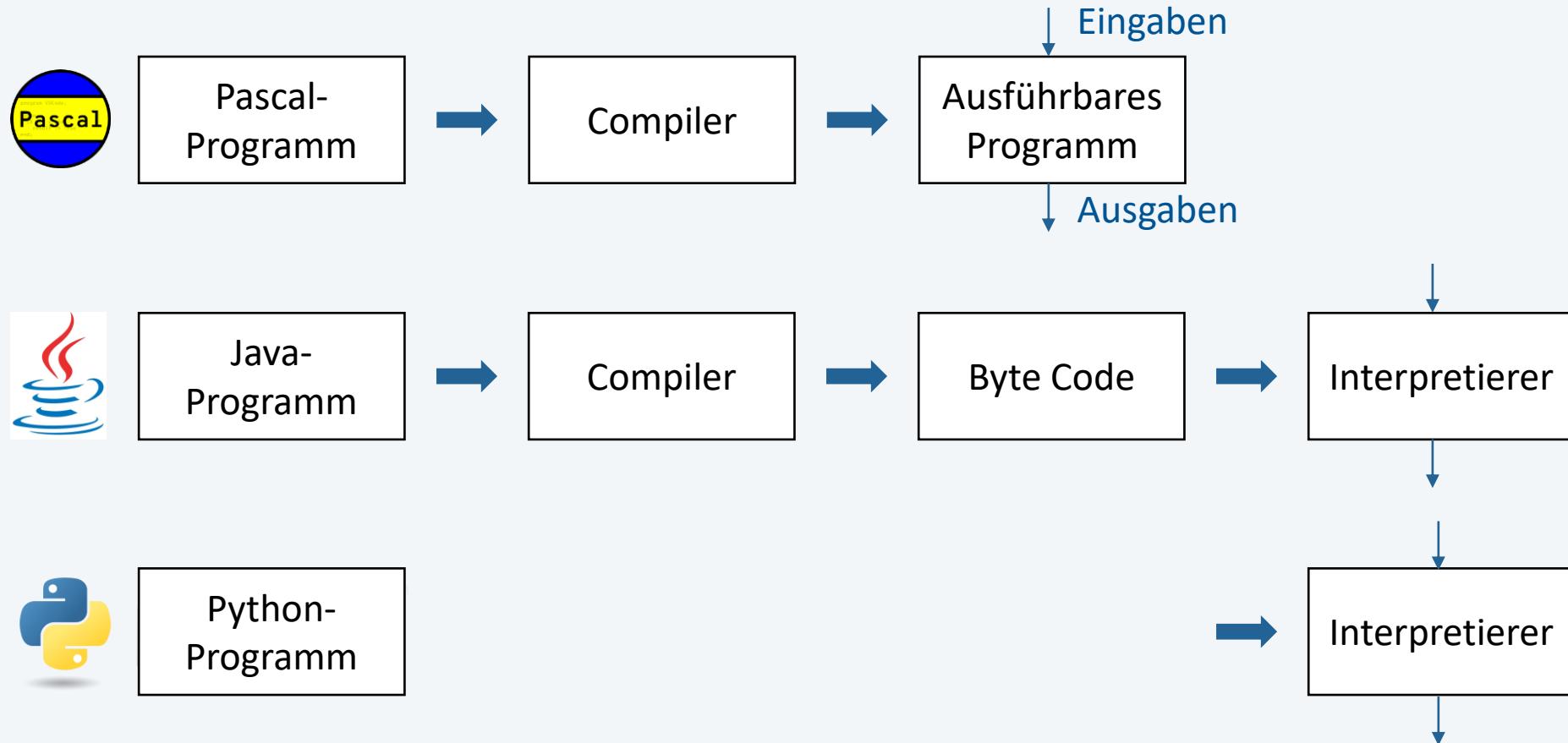
- Programme sind in einer Programmiersprache formulierte Algorithmen
- Jeder Algorithmus kann in ein Programm transformiert werden
- Alle Forderungen an Algorithmen treffen auch auf Programme zu

Von der Aufgabe über den Algorithmus zum Programm



Möglichkeiten für die Ausführung eines Programms

Programme, z.B. in Pascal, müssen in eine Form gebracht werden, die vom Computer verstanden wird.



Beschreibung von Programmiersprachen

Die Schreibweise von Programmtexten ist durch Syntaxregeln definiert und muss exakt eingehalten werden

Die Regeln zur Beschreibung der Syntax einer Sprache können auf verschiedene Arten beschrieben werden:

- Syntaxdiagramme



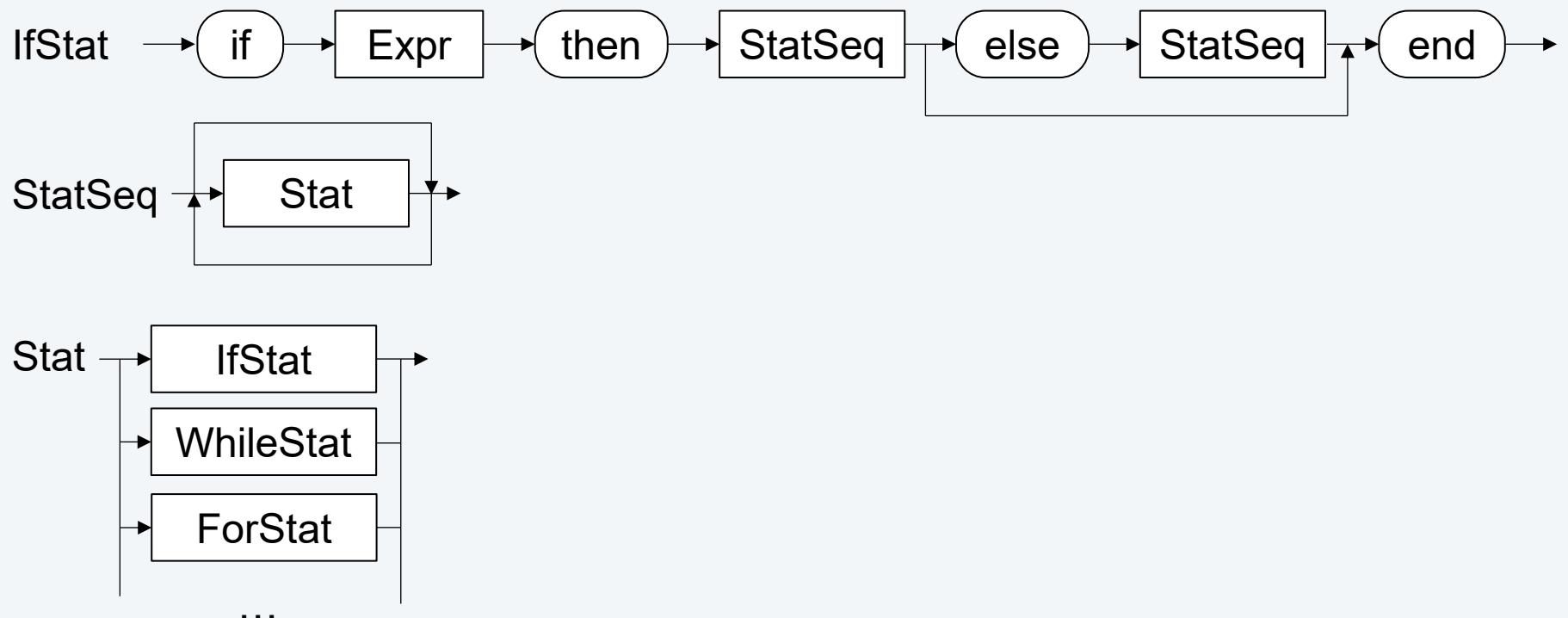
- Grammatiken

```
IfStat = "if" Expr "then" StatSeq [ "else" StatSeq ] "end".
```

- Automaten

Bestandteile von Syntaxdiagrammen

- Terminalsymbole (T), z.B. if + :=
- Nonterminalsymbole (NT), z.B. IfStat StatSeq Expr
- Ableitungsregeln
 - Für jedes NT-Symbol gibt es eine RegelPfeile führen vom Anfang zum Ende und verbinden die Symbole



Grammatik in Extended Backus-Naur-Form (EBNF)

- Jede Sprachregel für ein NT-Symbol hat die Form
NT = Regel.
- Regeln bestehen aus
 - Sequenz A B C
 - Alternative A | B | C
 - Option A [B] C
 - Iteration A {B} C
 - Klammern A (B|C) D
- Beispiele für Syntaxdiagramme in EBNF:

```
IfStat      = "if" Expr "then" StatSeq [ "else" StatSeq ] "end".
```

```
StatSeq    = { Stat } .
```

```
Stat       = IfStat | WhileStat | ForStat | ... .
```