



Teil III

Objektorientierung und SW-Entwicklung

K. Bothe

III: Objektorientierung und SW-Entwicklung

1. Grundkonzepte der Objektorientierung (1):
abstrakte Datentypen, Objekte, Klassen
2. Objektorientierung: Grundlegende Fallbeispiele
3. Grundkonzepte der Objektorientierung (2):
Klassenmethoden, Klassenvariablen
4. Komponentenarten
5. Grundkonzepte der Objektorientierung (3):
Vererbung, Polymorphismus, dynamisches Binden
6. Grundkonzepte der Objektorientierung (4):
Generische Klassen
7. Verkettete Strukturen: Listen
8. Grundkonzepte der Objektorientierung (5):
Interface

III: Objektorientierung und SW-Entwicklung

9. Ausnahmebehandlung
10. Softwareentwicklung: Anforderungsanalyse und
Problemdefinition - ein Beispiel
11. (Objektorientierte) Softwarearchitekturen
12. Vom Entwurf zur Implementation
13. Bäume: effektives Suchen und Sortieren
14. Applets
15. Ereignisse (Events): EyesApplet
(ein Beispiel zu Applets, Events, Graphics)
16. Parallelität: Threads

1. Grundkonzepte der Objektorientierung (1):

Abstrakte Datentypen, Objekte, Klassen

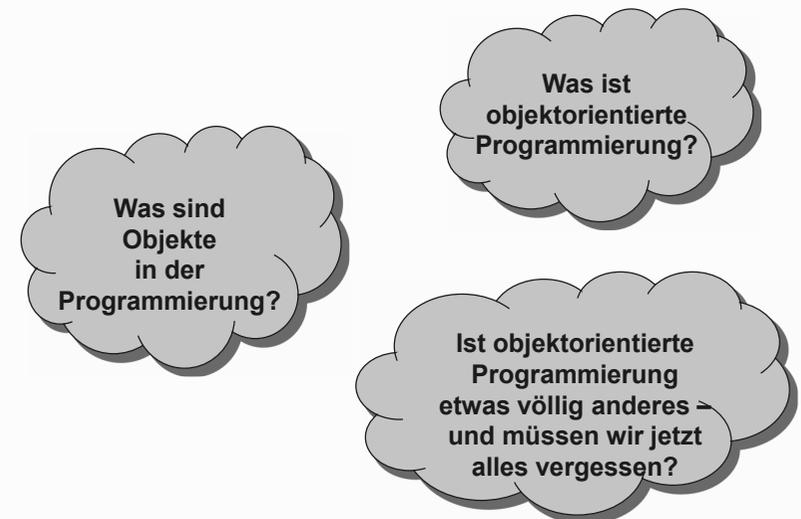
Java-Beispiele:

Stack.java
Umkehrung.java
Umkehrung2.java

Schwerpunkte:

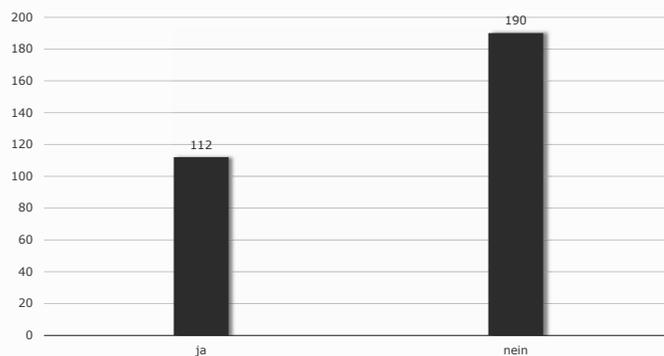
- Programmier-Paradigmen: imperativ und objektorientiert
- Datenabstraktion – abstrakte Datentypen – Klassen – Instanzen
- Instanzvariablen, Instanzmethoden
- Beispiel: Stack
- Klassifikation von Programmiersprachen

Vorkenntnisse?

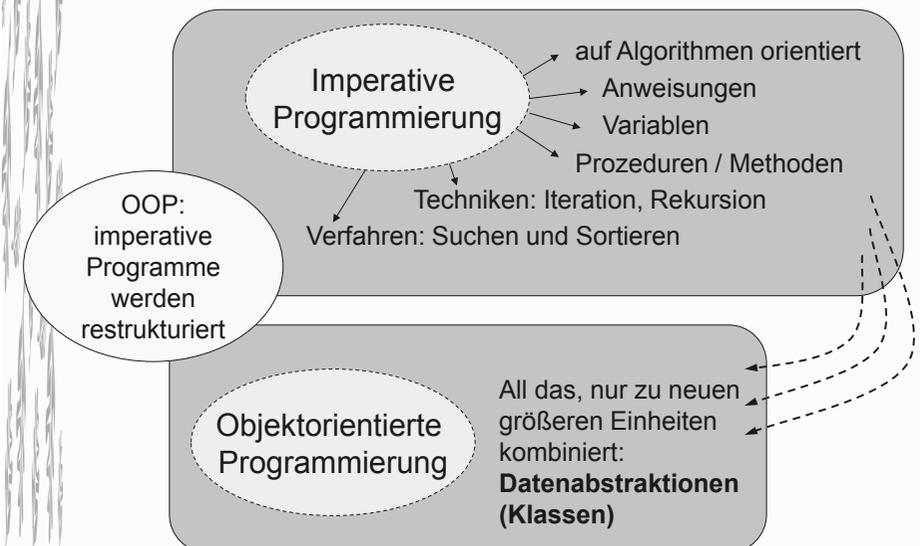


Vorkenntnisse: Fragebogen Oktober 2015

Wissen Sie, was objektorientierte Programmierung ist?



Imperative Programmierung: das ‚Handwerkszeug‘ der objektorientierten Programmierung



OOP: imperative Programme werden restrukturiert

Imperatives Programm

Objektorientiertes Programm

→ Herauslösen von problemorientierten Bausteinen (Klassen)

```
class Zeitplan {
    private static int hour, minute;
    private static void addMinutes(int m) {
        ...
        hour = totalMinutes/60;
        ...
    }
    private static void printTime() {
        if ((hour == 0) ...
    }
    private static void includeNewEntry(...) {
        ...
    }
    public static void main (...) {
        hour = 8; minute = 30;
        addMinutes(30); printTime(); ...
    }
}
```

```
class Time {
    private int hour, minute;
    public Time() ...
    public addMinutes ...
    public printTime ...
    public timeInMinutes ...
    public printTimeInMinutes ...
}
```

Zeitverwaltung

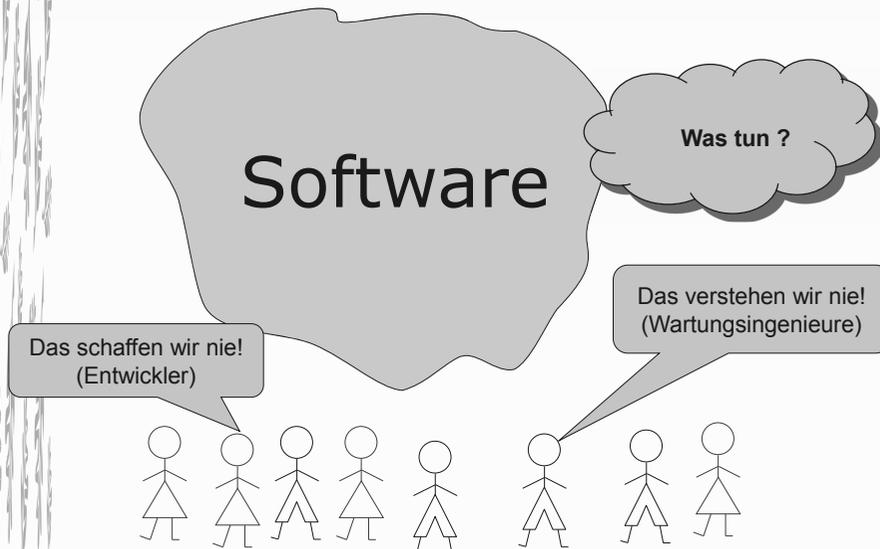
```
class Schedule {
    public static includeNewEntry
    ...
    public static main ... {
        Time t1 = new Time(8,30);
        ...
    }
}
```

Terminkalender erzeugen

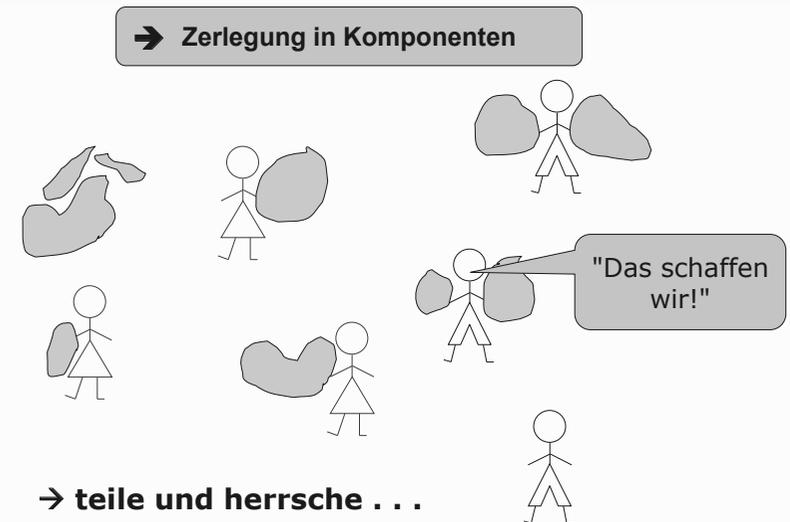
Im Wesentlichen derselbe Programmcode – nur anders strukturiert

Noch einmal: Abstraktionen in der Software-Entwicklung

Software kann sehr komplex sein...



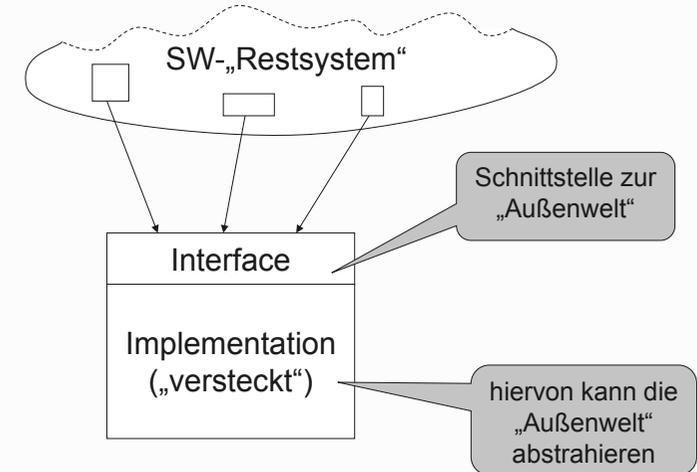
Software kann sehr komplex sein...



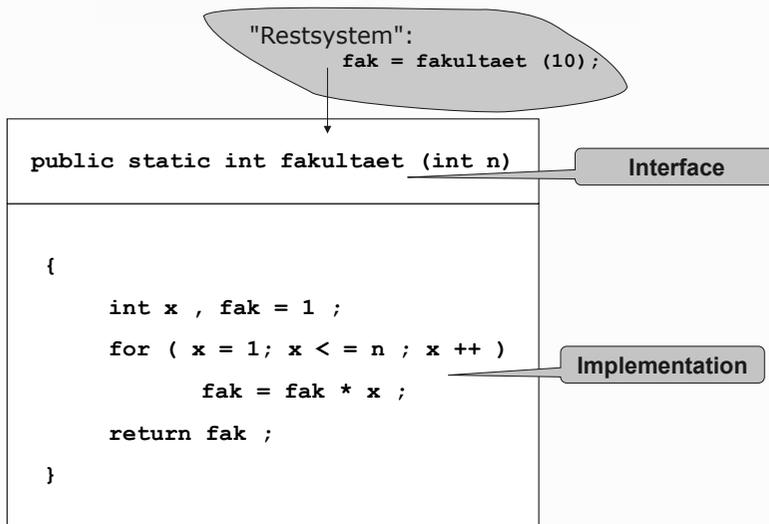
Komplexität von Programmen bewältigen

- **Dekomposition:**
Zerlegung des Programms in Komponenten
- **Abstraktion:**
Unwesentliches für die Nutzung einer Komponente weglassen
→ Komponente:
Interface und Implementation

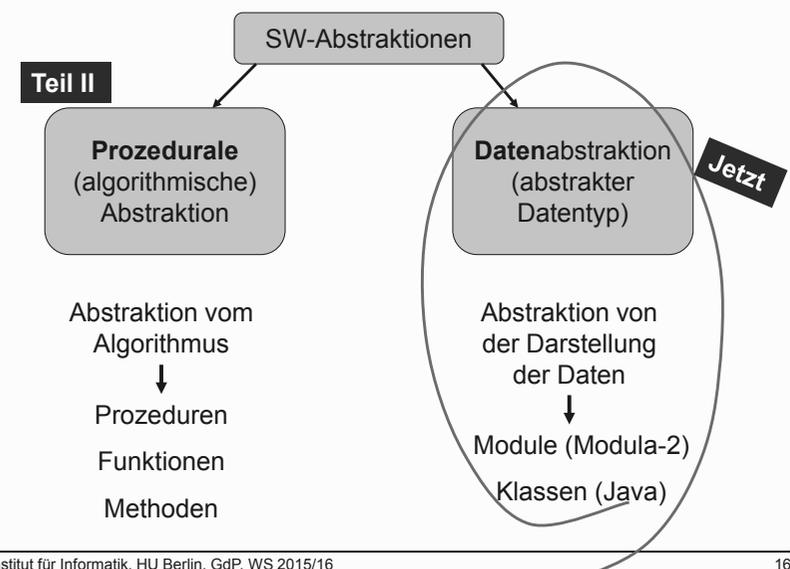
Komponente: Interface + Implementation



Prozedurale Abstraktion: Methoden / Prozeduren



Grundformen von SW-Abstraktionen



Abstrakter Datentyp (Datenabstraktion)

Abstrakter Datentyp:

Einheit aus Daten und Operationen

- Operationen: dienen der Bearbeitung der Daten (Initialisieren, Ändern, Lesen, Löschen)
- Daten: vor der "Außenwelt" geschützt / "versteckt"

... wird als Klasse realisiert.

Wie arbeitet das „Restsystem“ mit den Daten? Interface eines abstrakten Datentyps

Interface:
Operationen

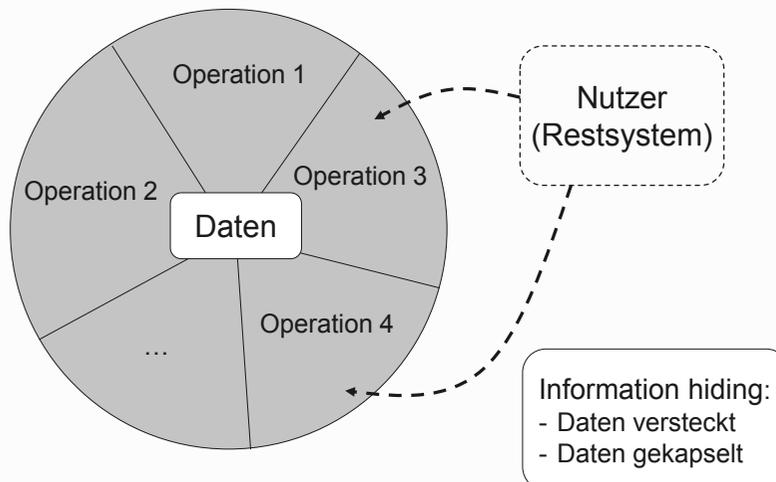
Implementation:
("versteckt")

- Art der Datendarstellung
z.B. `int[] sort`;
- Implementation der Operationen
(Algorithmen)

genauer: „Köpfe“
der Operationen,
d. h. Signatur
(Name, Parameter)

→ Operationen stellen für die Außenwelt die einzige
Möglichkeit dar, mit den Daten zu arbeiten

Abstrakte Datentypen: versteckte Information (information hiding)



Fallbeispiel:

der abstrakte Datentyp 'Stack'

... zur Lösung der nachfolgenden Aufgaben

Programmieraufgaben

- Einlesen einer Folge von Daten (char) und Ausgabe in umgekehrter Reihenfolge

```
Eingabe: a z d f g k
Ausgabe: k g f d z a
```

- Überprüfung der Klammerstruktur eines Programms (paarweises Auftreten, ohne weitere Syntaxanalyse)

```
( a + ( x [ ( i + j ) ] % 12 ) {
    z [ i ] ++ ;
} ...
```

- Überführung von Ausdrücken in Postfixform

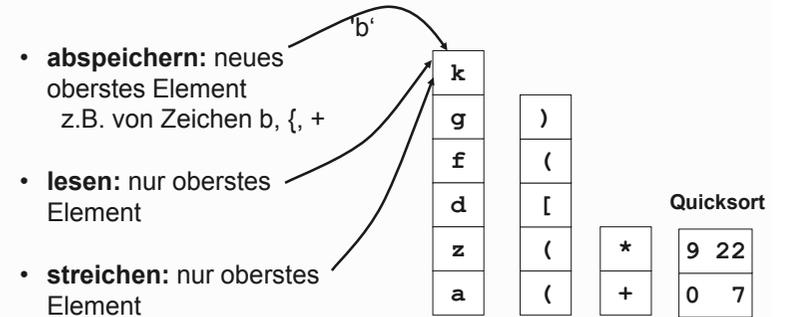
```
a + b * c -> a b c * +
(a + b) * c -> a b + c *
```

- Auflösung der Rekursivität in Iteration

```
Türme von Hanoi, Quicksort
```

Lösungsidee: der abstrakte Datentyp 'Stack' (Keller)

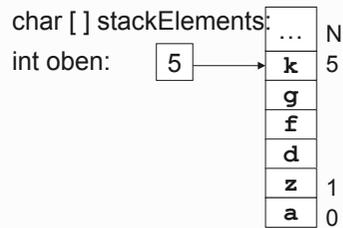
Stack (Stapel, Keller):
Folge von Elementen, die nur von einer Seite her („von oben“) bearbeitet werden kann (lesen, abspeichern, streichen), LIFO-Prinzip – Last In First Out



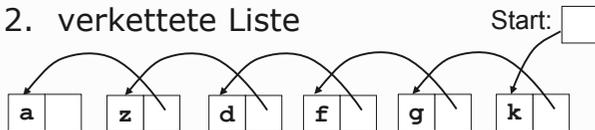
Queue (Warteschlange): FIFO-Prinzip – First In First Out

Datendarstellung für Stacks

- Array mit Index des letzten Elements



- verkettete Liste



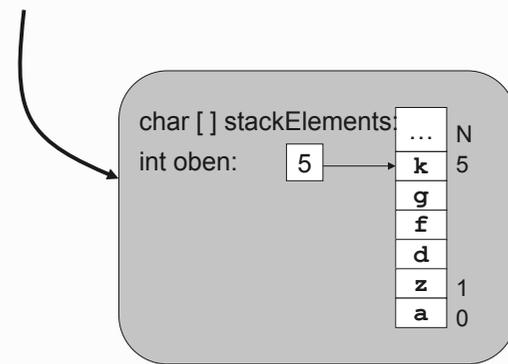
Nutzung des Stack

- unwichtig: Datendarstellung
- wesentlich: Zugriffsoperationen

Nutzersicht

- Unwichtig: Datendarstellung (Array oder Liste)
- Wesentlich: Zugriffsoperationen

Mit welchen Operationen können die Daten bearbeitet werden?



Operationen für Stacks

- erzeugen: leerer Stack (der Länge n)
- abspeichern: neues Element nach oben
- lesen: oberstes Element lesen
- streichen: oberstes Element streichen
- testen: ist der Stack leer?

Signatur: Name, Definitionsbereich, Wertevorrat

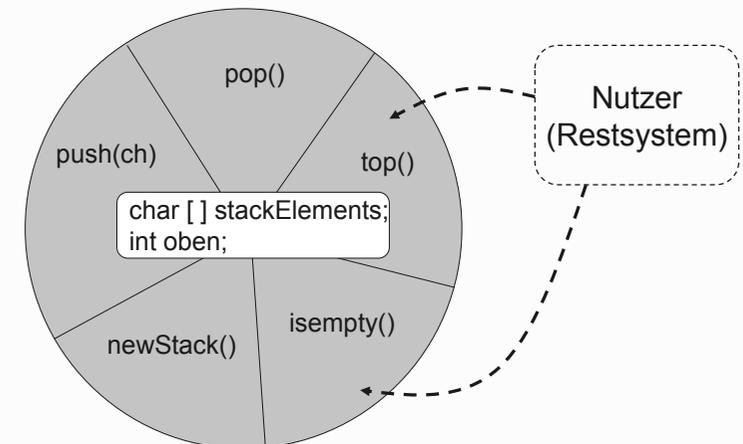
```
newStack: int    → stack
push:      stack x char → stack
top:       stack → char
pop:       stack → stack
isempty:   stack → boolean
```

Abstrakte Datentypen in Java: Realisierung als Klassen

Abstrakter Datentyp (Datenabstraktion)

Abstrakter Datentyp:
**Einheit aus versteckten Daten und
Zugriffsoperationen**
(Initialisieren, Ändern, Lesen, Löschen)

Abstrakter Datentyp Stack: versteckte Information (information hiding)



Abstrakte Datentypen in Java: Stack

```
class Stack {
    private char[] stackElements;
    private int top; // zeigt auf oberstes Element

    public Stack(int n) {
        stackElements = new char [n];
        top = -1;
    }

    public boolean isEmpty() {
        return top == -1;
    }

    public void push(char x) {
        top++; stackElements[top] = x;
    }

    public char top() {
        if (isEmpty()) {
            System.out.println("Stack leer");
            return ' ';
        }
        else
            return stackElements [top];
    }

    public void pop() {
        if (isEmpty())
            System.out.println("Stack leer");
        else
            top--;
    }
}
```

Stack.java

ADT → Java-Klasse

Abstrakte Datentypen in Java: wesentliche äußere Merkmale

```
class Stack {
    private char[] stackElements;
    private int top; // zeigt auf oberstes Element

    public Stack(int n) {
        stackElements = new char [n];
        top = -1;
    }

    public boolean isEmpty() {
        return top == -1;
    }

    public void push(char x) {
        top++; stackElements[top] = x;
    }

    public char top() {
        if (isEmpty()) {
            System.out.println("Stack leer");
            return ' ';
        }
        else
            return stackElements [top];
    }

    public void pop() {
        if (isEmpty())
            System.out.println("Stack leer");
        else
            top--;
    }
}
```

Stack.java

Variablen: ‚private‘ → ‚versteckt‘

Konstruktor-
methode

Methoden: ‚public‘ →
nach ‚außen‘ sichtbar

Variablen, Methoden:
nicht mehr ‚static‘
→ Instanzvariablen, -methoden
→ Instanzen (Objekte) der
Klasse erzeugen

Zum Vergleich: Imperatives Programm

```
class ZeitPlan {
    private static int hour, minute;

    private static void addMinutes (int m)
    private static int timeInMinutes ()
    private static void printTime ()
    private static void printTimeInMinutes ()
    private static void includeNewEntry
        (int intervalInMinutes)
    public static void main (String[] args) {
        ...
        includeNewEntry(90, "V P11");
        includeNewEntry(15, "Pause");
        includeNewEntry(90, "V Th11");
        ...
    }
}
```

Alles „static“:
- Keine Objektorientierung
- Imperativer Stil: Variablen werden
durch Methoden bearbeitet

Java-Klassen: definieren ADT

```
class Stack {
    private char[] stackElements;
    private int top; // zeigt auf oberstes Element

    public Stack(int n) {
        stackElements = new char [n];
        top = -1;
    }

    public boolean isEmpty() {
        return top == -1;
    }

    public void push(char x) {
        top++; stackElements[top] = x;
    }

    public char top() {
        if (isEmpty()) {
            System.out.println("Stack leer")
            return ' ';
        }
        else
            return stackElements [top];
    }

    public void pop() {
        if (isEmpty())
            System.out.println("Stack leer")
        else
            top--;
    }
}
```

Klasse definiert neuen (abstrakten) Typ
Typname = Klassenname

Variablen deklarieren: von diesem Typ

```
int i;
int[] sorted;
Stack s;
```

Werte des neuen Typs heißen
Objekte oder Instanzen der Klasse

Erzeugung eines Objekts (vgl. Arrays):

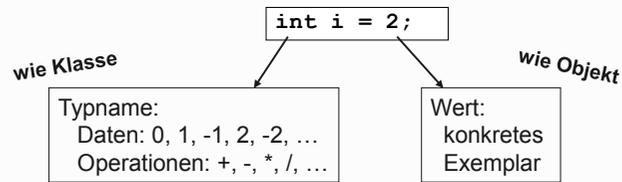
```
s = new Stack(n);
```

Klassen und Objekte

Klasse =
Beschreibung des neuen Typs
(Wie sehen Daten und Operationen des Typs aus?)

Objekt =
konkretes Exemplar des Typs; **Instanz** der Klasse;
existiert physisch im Speicher: new Stack(n)

Vergleiche mit vordefinierten Datentypen:



Aufbau von Klassen zur Beschreibung ADT

```
class Stack {
    private char[] stackElements;
    private int top;

    public Stack(int n) {
        ...
    }

    public void top() {
        ...
    }

    public boolean isempty() ...
}

```

Instanz-Variablen:
Beschreibung der **Daten**
(Repräsentation)

Erzeugung und
Initialisierung:
Konstruktor (-Methode)

Instanz-Methoden:
Beschreibung der
Operationen

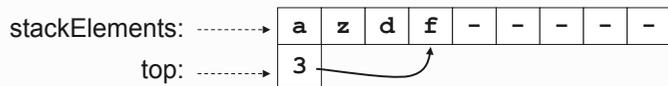
Datendarstellung in der Klasse Stack

```
class Stack {
    private char[] stackElements;
    private int top;
    ...
}

```

Entspricht 1. Variante (s. o.):
Array mit Verweis auf letztes Element

Beispiel für Stack der Länge 4:



Initialisierung der Klasse Stack

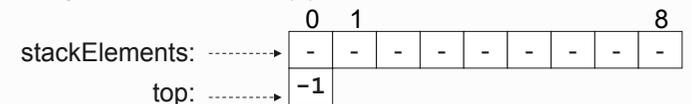
Konstruktor Stack() erzeugt ein Objekt und initialisiert die (Instanz-)Variablen

```
class Stack {
    private char[] stackElements;
    private int top;

    public Stack(int n) {
        stackElements = new char [n];
        top = -1;
    }
    ...
}

```

Aufrufbeispiel: s = new Stack(9);



(Instanz-) Methoden in Stack: Instanzvariablen bearbeitet

```
class Stack {  
    private char[] stackElements;  
  
    private int top;  
  
    public boolean isempty() {  
        return top == -1;  
    }  
  
    public void push(char x) {  
        top++;  
        stackElements[top] = x;  
    }  
    ...  
}
```

Instanzmethoden: Aufruf

Anwendung auf Objekte:

```
variable . methode ( Parameter )
```

Beispiele:

```
Stack s;  
s = new Stack(9);  
  
s.push('+');  
x = s.top();  
s.pop();
```

Speichere (mit 'push') das Zeichen '+' in das durch die Variable s referenzierte Objekt

Klassen nutzen: Objekte erzeugen

Umkehrung.java

Umkehrung2.java

Programmieraufgaben

- 1. Einlesen einer Folge von Daten (char) und Ausgabe in umgekehrter Reihenfolge

```
Eingabe: a z d f g k  
Ausgabe: k g f d z a
```

2. Überprüfung der Klammerstruktur eines Programms (paarweises Auftreten, ohne weitere Syntaxanalyse)

```
( a + ( x [ ( i + j ) ] % 12 ) {  
    z [ i ] ++ ;  
} ...
```

3. Überführung von Ausdrücken in Postfixform

```
a + b * c -> a b c * +  
(a + b) * c -> a b + c *
```

4. Auflösung der Rekursivität in Iteration

Anwendung des Stack: Umkehrung einer Zeichenkette

```

class Stack {
    private char[] stackElements;
    private int top; // zeigt auf oberes Element
    public Stack(int n) {
        stackElements = new char[n];
        top = -1;
    }
    public boolean isEmpty() {
        return top == -1;
    }
    public void push(char x) {
        top++; stackElements[top] = x;
    }
    public char top() {
        if (isEmpty()) {
            System.out.println("Stack leer");
            return ' ';
        }
        else {
            return stackElements[top];
        }
    }
    public void pop() {
        if (isEmpty()) {
            System.out.println("Stack leer");
        }
        else {
            top--;
        }
    }
}

public class Umkehrung {
    public static void main (String[] argv) {
        int n;
        char ch;
        Stack s;

        System.out.print("Groesse des Stacks: ");
        n = Keyboard.readInt();
        s = new Stack(n);

        // n Elemente einlesen und in den Stack ...
        System.out.println("Gib mindestens " + n + " Zeichen ein:");
        for (int i = 0; i < n; i++) {
            ch = Keyboard.readChar();
            s.push(ch);
        }

        System.out.println ("Umgekehrte Reihenfolge ...");
        while (!s.isEmpty()) { // solange ...
            System.out.print(s.top()); // drucke ...
            s.pop(); // oberstes ...
        }
        System.out.println();
    }
}
    
```

Anwendung des Stack: Umkehrung einer Zeichenkette

```

public class Umkehrung {
    public static void main (String[] argv) {

        int n;
        char ch;
        Stack s;

        System.out.print("Groesse des Stacks: ");
        n = Keyboard.readInt();
        s = new Stack(n);

        // n Elemente einlesen und in den Stack speichern
        System.out.println("Gib mindestens " + n + " Zeichen ein:");
        for (int i = 0; i < n; i++) {
            ch = Keyboard.readChar();
            s.push(ch);
        }

        System.out.println
            ("Umgekehrte Reihenfolge der ersten " + n + " Zeichen:");
        while (!s.isEmpty()) { // solange Stack nicht leer:
            System.out.print(s.top()); // drucke und streiche
            s.pop(); // oberstes Element
        }
        System.out.println();
    }
}
    
```

Wirkung von Umkehrung

```

% java Umkehrung
Groesse des Stacks: 5
Gib mindestens 5 Zeichen ein:
abcde
Umgekehrte Reihenfolge der ersten 5 Zeichen:
edcba
    
```

Umkehrung einer Zeichenkette: Objekt erzeugen

```

public static void main (String[] argv) {

    int n;
    char ch;
    Stack s;

    System.out.print("Groesse des Stacks: ");
    n = Keyboard.readInt();
    s = new Stack(n);
    ...
}
    
```

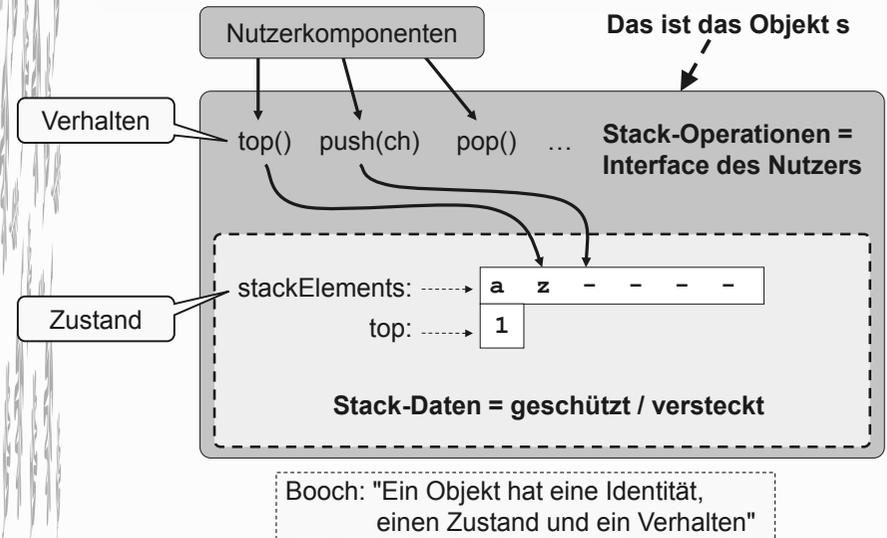
Umkehrung einer Zeichenkette: Speichern und Ausgeben von Elementen

Umkehrung.java

```
// n Elemente einlesen und in dem Stack speichern
System.out.println("Gib ... ein:");
for (int i = 0; i < n; i++) {
    ch = Keyboard.readChar();
    s.push(ch);
}

System.out.println("Umgekehrte Reihenfolge ... :");
while (!s.isEmpty()) {
    // solange Stack nicht leer:
    // drucke und streiche oberstes Element
    System.out.println(s.top());
    s.pop();
}
```

Objekte = Einheiten aus versteckten Daten und Interface-Operationen



Veränderungen im Objektzustand durch Methodenaufrufe (1)

Deklaration

```
Stack s;
```

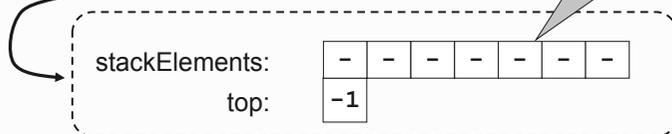
s: (Speicherplatz reserviert für Zeiger, Adresse ohne Wert)

Erzeugung

```
s = new Stack(7);
```

s: (Wert von s = erzeugtes Objekt)

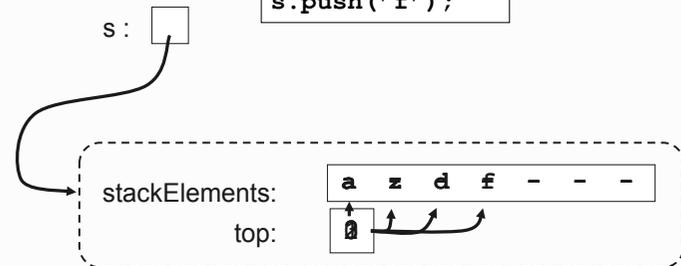
Zustand des Objektes (aktuelle Datenbelegung)



Veränderung im Objektzustand durch Methodenaufrufe (2)

Abspeichern von Elementen

```
s.push('a');
s.push('z');
s.push('d');
s.push('f');
```



Mehrere Instanzen der Klasse „Stack“

Umkehrung2.java

Aufgabe:

- Eingabefolge in 2 Teile (gerade/ungerade Position) aufspalten
- Jeden Teil in umgekehrter Reihenfolge ausgeben

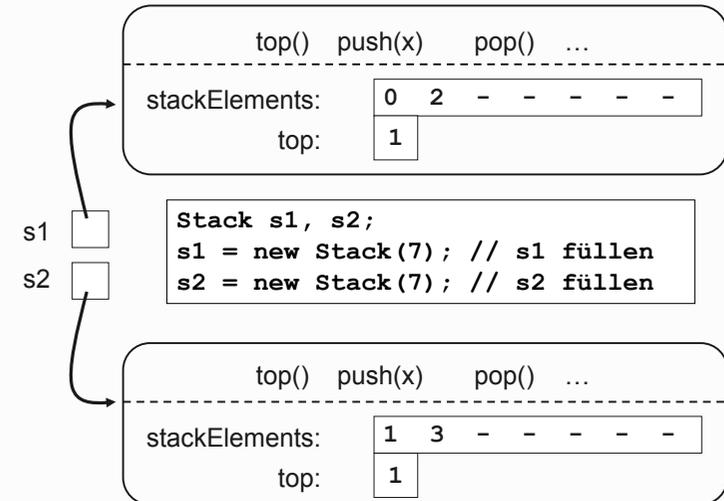
Eingabe: 0123456789

Ausgabe: 97531

86420

```
Stack s1, s2;
...
s1 = new Stack(n);
s2 = new Stack(n);
```

Objekte (Instanzen): jeweils mit eigenen Instanzvariablen + Instanzmethoden



(Instanz-) Methoden an Instanz gebunden

Umkehrung2.java

```
Stack s1, s2;
if (i % 2 == 0)
    s1.push(ch);
else
    s2.push(ch);
...
while (!s2.isempty()) {
    System.out.println(s2.top());
    s2.pop();
}
```

Methode push an s1 bzw. s2 gebunden

isempty() gehört hier zu s2

Zusätzlicher Parameter der Operationen:
Instanz (Objekt) s1 / s2 ...
(impliziter Parameter)
Pascal: push(s1, ch)

Imperative Lösung

Noch einmal:

Klassifikation von Programmiersprachen

SW-Entwicklung ohne OO?

OO erst seit ca. 1985 (Simula: 1970)
→ es muss auch imperativ gehen

```
class Stack {  
  private char [] stackElements;  
  
  private int top;  
  
  public boolean isempty() {  
    return top == -1;  
  }  
  
  public void push(char x) {  
    top++;  
    stackElements[top] = x;  
  }  
  ...  
}
```

bleiben: **Variablen (Daten)**
Bearbeitungsoperationen (Prozeduren)
→ wie in Pascal und C

Variante in C

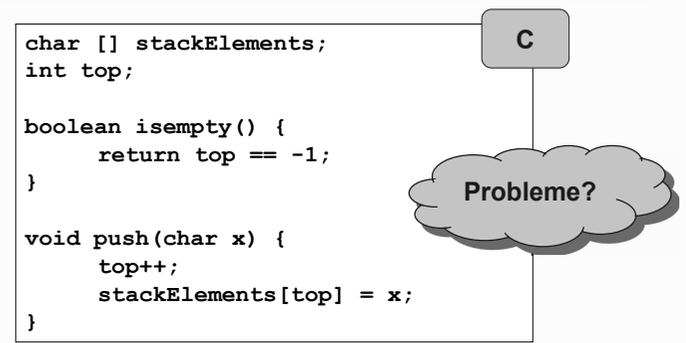
```
char [] stackElements;  
  
int top;  
  
boolean isempty() {  
  return top == -1;  
}  
  
void push(char x) {  
  top++;  
  stackElements[top] = x;  
}  
...  

```

Variante in Pascal

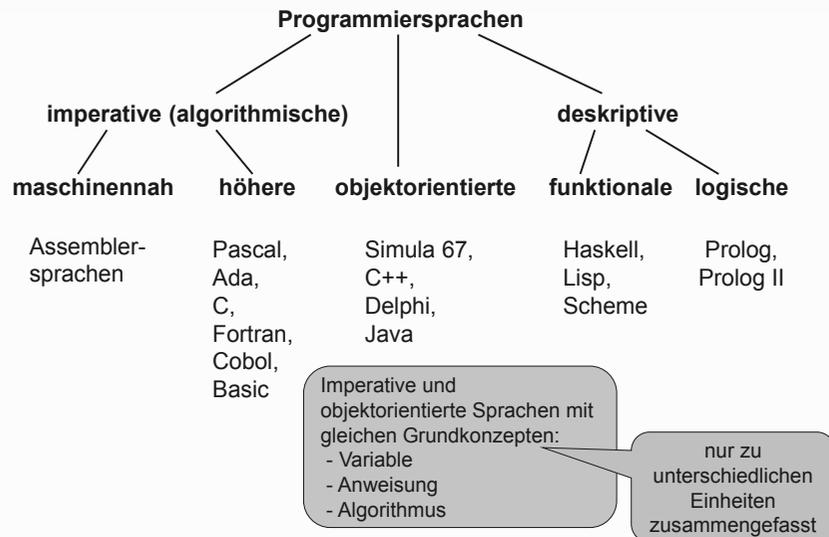
```
VAR  
  stackElements:  
    ARRAY [0 .. 10] OF CHAR;  
  top: INTEGER;  
  
PROCEDURE isempty(): BOOLEAN;  
  BEGIN ... END;  
  
PROCEDURE push (x: char x)  
  BEGIN ... END;  
  ...
```

Konsequenzen: ohne OO (Pascal, C)

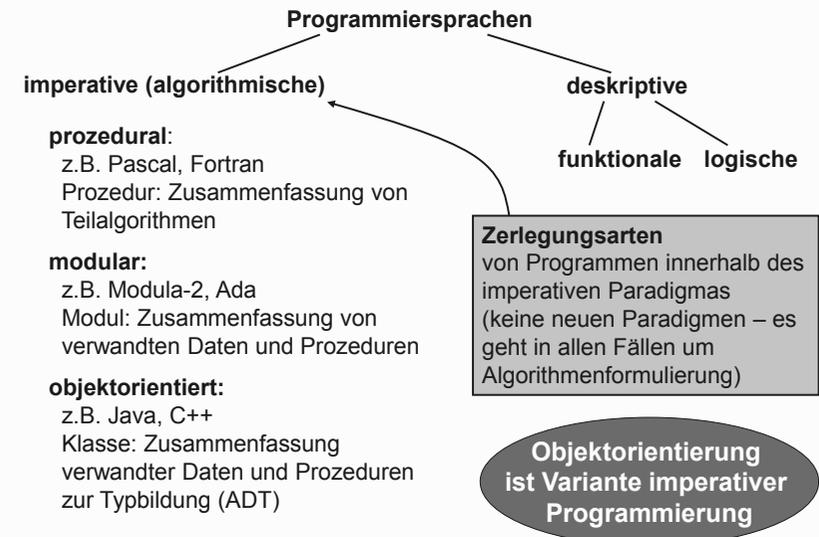


- ▶ Keine Sichtbarkeitsangaben (Daten ungeschützt)
- ▶ Semantische Einheit (Daten + Operationen) nicht mehr hervorgehoben als syntaktische Einheit
- ▶ Nur **ein** Objekt gebildet (**ein** Stack)
→ mehrere Objekte: mehrere Variablen vereinbaren, Operationen mit zusätzlichem Parameter

Wiederholung: Klassifikation von Programmiersprachen



Alternative Klassifikation



Imperativer Ansatz: Algorithmus ohne/mit ADT

